

Opinnäytetyö (AMK)

Tuotantotalous

NTUTAS12

2016

Antti Toukola

# TUOTANNON TEHOSTAMINEN PARAMETRISILLA OHJELMILLA



Antti Toukola

# TUOTANNON TEHOSTAMINEN PARAMETRISILLA OHJELMILLA

Tämän opinnäytetyön aiheena oli kehittää Stera Technologies Oy:n Tammelan tehtaan tuotantoa valmistamalla parametrisia ohjelmia uudelle tuotantolinjalle. Tavoitteena oli kasvattaa automaatioastetta uusien ohjelmistojen avulla ja saada valmistustilaus kulkemaan yrityksen ERP:stä suoraan uudelle tuotantolinjalle parametrisia ohjelmia käyttäen.

Työn tekeminen aloitettiin jo syksyllä 2015 osallistumalla ohjelmistokoulutukseen Kauhavalla. Työ eteni teoriaosuuden kirjoittamisella aina helmikuuhun asti, jolloin koulutukset jatkuivat kahdessa erässä. Tietotaidon kartuttamiseen kului lisäksi useita satoja tunteja itsenäisesti työskennellessä, koska kaikki ohjelmistot ja erityisesti Visual Basic Scriptin työstäminen oli kirjoittajalle täysin uutta.

Opinnäytetyössä tutkittiin tuote X:n vanhaa sekä uutta tuotantoprosessia. Vertailemalla tuotantoprosesseja pystyttiin tekemään suoria johtopäätöksiä tehokkuuden kasvamisesta. Vanha tuotantoprosessi sisälsi useita eri työvaiheita ja paljon siirtelyä. Steran ERP:stä kerätystä datasta huomattiin, että valtaosa reklamaatioista johtui naarmuuntuneista tuotteista. Uuden tuotantoprosessin myötä työvaiheet vähenivät alle puoleen, jolloin tuotteiden siirtely väheni huomattavasti. Lisäksi opinnäytetyössä tutustuttiin uuden tuotantolinjan tuotannonohjaukseen, koska se on oleellinen osa automaatioastetta kasvattavaa kokonaisuutta.

Työn tuloksena syntyi valmius täysin automatisoituun tuotantoon parametrisia ohjelmia käyttämällä. Tuotanto pystyttiin automatisoimaan tilauksesta valmistukseen asti, jolloin aikaa säästyti tuotannossa, tuotannonohjauksessa ja erityisesti ohjelmoinnissa.

## ASIASANAT:

Lean, tuotantoautomaatio, ohutlevytekniikka.

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Industrial management engineering

2016 | 53

Sakari Koivunen

Antti Toukola

# INCREASING THE PERFORMANCE OF PRODUCTION WITH PARAMETRIC PROGRAMS

The subject of this thesis was to improve the production of Stera Technologies Factory in Tammela by creating parametric programs for a new production line. The aim of this thesis was to increase the degree of automation by using new software and to make the production order run from ERP to production line by using parametric programming.

Working with the thesis was started in autumn 2015 by attending to a software training in Kauhava. After the software training, working with the thesis continued by focusing in the theory section until February 2016 by attending in to two different training sessions. Increasing the know how took hundreds of hours of independent work, because all the software and especially the Visual Basic Script which is used in parametric programming, was new to the writer.

Both new and old production processes of product X were studied in this thesis. Based on the comparison of these two processes, it was possible to make conclusions of increased performance. The old process included multiple different manufacturing steps and therefore had a lot of movement. By studying the reclamations data from the ERP of Stera, it was found out that most of the reclamations were caused by scratches on the surface of the product. The new production process decreased the manufacturing steps to less than half and drastically reduced the movement. In addition the production management of the new production line was introduced, because it is essential for increasing the degree of automation.

As a result of this thesis the new production line now has the capability to operate fully automated by using the parametric programs. The production was completely automated from production order to the actual production, which saves huge amounts of time in production, production management and especially in programming.

## KEYWORDS:

Lean, production automation, sheet metal manufacturing.

# SISÄLTÖ

<b>1 JOHDANTO</b>	<b>7</b>
1.1 Stera Technologies Oy	7
<b>2 TUOTANNON TEHOSTAMINEN</b>	<b>9</b>
2.1 Valmistavan yrityksen kilpailutekijät	9
2.2 Tuotannon tavoitteet	10
2.2.1 Kustannustehokkuus	10
2.2.2 Laatu	11
2.2.3 Aika	11
2.2.4 Joustavuus	11
2.3 Tuotannonohjauksen tavoitteet	12
2.4 Tuotannon ongelmat	14
2.5 Tuotannon tunnusluvut ja mittarit	15
<b>3 LEAN MANUFACTURING</b>	<b>17</b>
3.1 Prosessilait	17
3.1.1 Littlen laki	17
3.1.2 Pullonkaulojen laki	18
3.1.3 Vaihtelun laki	18
3.2 Seitsemän hukkaa	19
3.2.1 Ylituotanto	20
3.2.2 Odotusaika	20
3.2.3 Kuljettaminen	21
3.2.4 Varastointi	21
3.2.5 Prosessi	22
3.2.6 Virheelliset tuotteet	23
<b>4 TUOTANNON NYKYTILA</b>	<b>24</b>
4.1 Ohjelmoinnin nykytila	24
4.2 Tuote X:n tuotantoprosessi	24
4.2.1 Sisäiset ja ulkoiset reklamaatiot	28
<b>5 CASE - TUOTANNON TEHOSTAMINEN PARAMETRISILLA OHJELMILLA</b>	<b>31</b>
5.1 Parametrinen kappale	31

5.2 Tuote X:n uusi tuotantoprosessi	33
5.3 Parametrinen ohjelman luominen	34
5.4 Tavallisen kappaleohjelman luominen	38
5.5 Parametrinen kappaleiden tuotannonohjaus LPe6f tuotantolinjalla	39

<b>6 YHTEENVETO</b>	<b>43</b>
---------------------	-----------

<b>LÄHTEET</b>	<b>44</b>
----------------	-----------

## LIITTEET

- Liite 1. Parametrinen ohjelma 1.  
Liite 2. Parametrinen ohjelma 2.

## KUVAT

Kuva 1. Steran henkilöstöjakauma 2016.	8
Kuva 2. Resurssitehokkuuden suhde läpimenoaikaan.	12
Kuva 3. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus.	13
Kuva 4. Pullonkaulojen laissa johonkin muodostuu aina jonoja.	18
Kuva 5. Kalvon poistaminen levyn pinnasta.	25
Kuva 6. Tuote X:n valmistukseen käytettävä levytyökeskus.	26
Kuva 7. Tuote X:n työvaiheet layoutkuvassa.	27
Kuva 8. Sisäiset tuote X reklamaatiot Tammelan tehtaassa.	28
Kuva 9. Ulkoiset tuote X reklamaatiot Tammelan tehtaassa.	29
Kuva 10. Parametrisesti suunniteltu ikkuna.	32
Kuva 11. Tuote X:n uusi tuotantoprosessi layoutissa.	33
Kuva 12. Parametrinen ohjelman kulku LPe6f koneelle.	35
Kuva 13. Skriptin valmistaminen piirustuksesta.	36
Kuva 14. Skriptin kirjoittaminen manuaalisesti.	37
Kuva 15. Tavallisen kappaleohjelman luominen autotoolilla.	38
Kuva 16. Tilauksen elinkaari LPe6f tuotantolinjan tuotannonohjauksessa.	40
Kuva 17. Tuotantotilaukset-näkymä tuotannonohjaukselle.	40
Kuva 18. Power Processing-näkymä Tulus Officessa.	41
Kuva 19. Tuotantokalenteri Tulus Officessa.	42

# LYHENTEET JA KÄSITTEET

## **FMS**

Flexible manufacturing system eli automaattisen varaston ympärille rakennettu joustava valmistusjärjestelmä.

## **CAM**

Computer aided manufacturing eli tietokone avustettu tuotanto.

## **CAD**

Computer aided design eli tietokone valmisteinen suunnittelu ja piirto.

## **Tulus Office**

Tuotannonohjausjärjestelmä Prima Powerin valmistamille koneille.

## **NC Express 3**

CAM/CAD ohjelmointityökalu.

## **Combikone**

Kuitulaser yhdistettynä levytyökeskukseen.

## **TPS**

Toyota Production System.

## **EOQ**

Economic order quantity eli tilausmäärä joka minimoi tilaus- ja varastointikustannukset.

## **BricsCAD**

CAD-Ohjelmisto kappaleiden piirtämiselle.

## **DXF-tiedosto**

Yleinen tiedostomuoto CAD-ohjelmistoilla piirrettäville kappaleille.

## **Skripti**

Komentosarja, jolla automatisoidaan toimintoja.

## **ERP**

Enterprise resource planning eli yrityksen toiminnanohjausjärjestelmä.

## **VBScript**

Visual Basic Script on komentosarjakieli, joka on kevyt versio microsoftin ohjelmointikielestä Visual Basic.

# 1 JOHDANTO

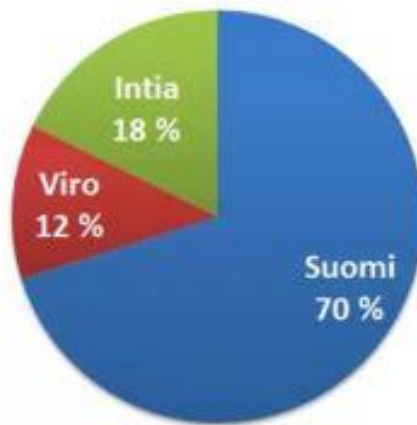
Työn taustana on Stera Technologies Oy:n investointi uuteen tuotantolinjaan Tammelan tehtaassa. Laitehankintaan kuuluu uusi combikone, johon kuuluu laser ja levytyökeskus, sekä uusi FMS-järjestelmä Night train. Uuden tuotantolinjan lisäksi hankintaan kuuluu uusi ohjelmointityökalu NC Express 3, sekä tuotantolinjan tuotannonohjausjärjestelmä Tulus Office.

Työn toimeksianto on valmistaa parametrisia ohjelmia uudelle tuotantolinjalle, jolloin automaatioastetta pystytään kasvattamaan. Tietotaidon kartuttamiseen on kuulunut lähes 100 tuntia koulutusta sekä moninkertainen määrä aikaa työtä tehdessä. Työn tavoitteena on kasvattaa automaatioastetta, nopeuttaa läpimenoaikaa ja parantaa tuotteiden laatua. Uusi tuotantolinja vaikuttaa monen tuotteen tuotantoprosessiin, koska työvaiheita pystytään karsimaan combi- ominaisuuden myötä.

Teoriaosuudessa tutustutaan ensin valmistavan yrityksen kilpailutekijöihin, josta siirrytään teollisuustaloudelliseen teoriaan. Opinnäytetyössä käsitellään lisäksi lean-valmistusta ja parametrinen kappaleen ominaisuuksia. Teoriaosuuden tarkoitus on luoda pohja varsinaisen case osuuteen, jossa tehostetaan tuotantoa parametrisillä ohjelmilla.

## 1.1 Stera Technologies Oy

Stera Technologies Oy (myöhemmin Stera) on mekaniikan ja elektroniikan sopimusvalmistukseen erikoistunut organisaatio. Yritys on perustettu vuonna 2007 viiden yrityksen Levyosa Oy:n, Elektromet Yhtiöt Oy:n, Hihra Oy:n, Aumec Systems Oy:n ja Beertekno Oy:n fuusiossa. Steran osaaminen on laaja ja se valmistaa tuotteita hissien automaatiiovista ja työkonoiden ohjaamoista telecom- ja elektroniikka-laitekaappeihin.



Kuva 1. Steran henkilöstöjakauma 2016.

Stera on globaalisti toimiva organisaatio ja sillä on käytössä yhteensä noin 55 000 m<sup>2</sup> tuotantotilaa. Vuonna 2015 Steran liikevaihto oli 65 miljoonaa euroa ja kasvua edeltävään vuoteen oli 7 -prosenttia. Tällä hetkellä Stera työllistää 750 henkilöä seitsemässä tehtaassa. Suomen tehtaas, Kaarina, Kaavi, Paimio, Tammela ja Turku työllistävät yhteensä noin 70% henkilöstöstä kuten kuvasta 1 näkee. Viron Saussa työskentelee 12% ja Intian Chennaissa 18% henkilöstöstä. Suurin tehtaista on Tammelassa, jossa on tällä hetkellä käytössä lattiapinta-alaa yhteensä 13000m<sup>2</sup>

Vuosikymmenien kokemus ja uudenaikainen konekanta tekevät Sterasta laadukkaan ja kilpailukykyisen kumppanin. Stera Technologies Oy:n yhteistyökumppaneihin kuuluvat muun muassa ABB Drives, ABB Machines, Cargotec Oy, Dinolift Oyj, Kojair Tech Oy, Kone Oyj, Mitron Oy, Nokia Siemens Networks Oyj, Perkin Elmer, Ponsse Oyj, Rocla Oyj, Sandvik Mining and Construction Oyj, Swegon ILTO Oy, Vaisala Oyj. (Stera.com, 2015)



## 2 TUOTANNON TEHOSTAMINEN

Valmistavan yrityksen yksi keskeisimmistä toiminnoista on tuotantoprosessi, jossa tuotantontekijät eli työ, pääoma ja materiaali muutetaan yrityksen myymäksi tuotteeksi. Ongelmat tuotannossa heijastuvat usein nopeasti muualle yritykseen ja yrityksen tulos kärsii. Tuotannon tehokkuutta voidaankin pitää yhtenä tärkeimmistä ominaisuuksista menestyvälle yritykselle. Tässä luvussa tutustutaan yleisesti yrityksen kilpailutekijöihin, tuotannon tehokkuuteen, sen mittaamiseen ja tehokkuuden parantamiseen. (Haverila, Kouri, Miettinen & Uusi-Rauva 2005, 350-352.)

### 2.1 Valmistavan yrityksen kilpailutekijät

Yrityksen kilpailutekijöillä tarkoitetaan tapoja, joilla yritys kilpailee markkinoilla, eli minkä takia asiakas valitsisi juuri tämän yrityksen? Eri yrityksillä on erilaiset strategiat ja niiden myötä ne myöskin keskittyvät erilaisiin kilpailutekijöihin. Valmistavalle yritykselle ominaisia kilpailutekijöitä ovat:

- hinta
- laatu
- tuoteominaisuudet
- toimitusnopeus
- toimitusvarmuus
- tuotteiden muokkaus asiakastarpeita vastaavaksi
- palvelu

(Haverila ym 2005, 356.)

Hintaa voidaan pitää ehkä yhtenä yleisimmistä mittareista valmistavalle yritykselle, koska ostajat vertaavat aina saamaansa tuotetta tai palvelua sen hintaan. Pelkkä halpa hinta ei kuitenkaan takaa palvelun tai tuotteen kilpailukykyä markkinoilla, sillä vaikka tuote olisikin edullinen, sen odotetaan myöskin olevan laadukas. Tuoteominaisuuksilla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun ominaisuuksia, joita asiakkaat arvioivat omien tarpeiden mukaan. Toimitusnopeudella tarkoitetaan aikaa, joka kuluu tilauksesta toimitukseen. Toimitusnopeuden merkitys on kasvanut huomasti, sillä tuotteet halutaan yleensä mahdollisimman pian tilauksesta. (Haverila ym 2005, 356.)

Yksi alihankintateollisuudessa toimivien yritysten merkittävimmistä kilpailukyvyistä on toimitusvarmuus. Toimitusvarmuudella tarkoitetaan, sitä, että yritys toimittaa tilatun tuotteen asiakkaalle annettuun päivämäärään mennessä. Tuotteiden muokkaus asiakastarpeita vastaavaksi voidaan myöskin laskea tärkeäksi kilpailutekijäksi alihankkijoille, koska kyky sopeutua nopeisiin tuotemuutoksiin tai uusiin tuotteisiin on tärkeää. (Haverila ym 2005, 356.)

Palvelulla tarkoitetaan tuotteen tai palvelun yhteydessä myytäviä tai tulevia sopimuksia kuten huolto-, koulutus-, suunnittelu-, varaosa-, kierrätys-, ja rahoituspalveluita. (Haverila ym 2005, 357.)

## 2.2 Tuotannon tavoitteet

Ymmärtämällä valmistavan yrityksen kilpailutekijät on helppo lähestyä tuotannon tavoitteita, sillä yrityksen valitsevat kilpailutekijät määrittelevät tuotannon tavoitteet. Yleisesti tuotannolle voidaan asettaa seuraavat tavoitteet:

- kustannustehokkuus
- laatu
- aika
- joustavuus (Haverila ym 2005, 357.)

### 2.2.1 Kustannustehokkuus

Kustannustehokkuus on erittäin tärkeää kaikille tuotantolaitoksille. Pienet kustannukset mahdollistavat suuremman katteen ja kilpailukykyisemmän hinnoittelun. Kustannuksia pyritään minimoimaan tehokkaalla resurssien käytöllä. Hankintaorganisaatiolla on tärkeä rooli kustannustehokkuudessa, koska valmistavalla yrityksellä materiaalihankinnat ovat monesti suurempia kuin työ- ja pääomakustannukset. (Haverila ym 2005, 357.)

### 2.2.2 Laatu

Valmistavan yrityksen yksi keskeisimmistä tavoitteista on laadukas tuote. Laadukas tuote tarkoittaa sitä, että se vastaa tuotteen määrittelyä ja sen myötä asiakkaan odotuksia ja tarpeita. Tuotannon näkökulmasta laatu tarkoittaa, että tuotteen valmistuksessa ei ole tapahtunut virheitä. Standardoitu tuotantoprosessi auttaa havaitsemaan virheitä tuotannossa. Poistamalla virhelähteet onnistutaan pienentämään kustannuksia ja parantamaan toimitusvarmuutta. (Leimbach & Farrel 2006; Haverila ym 2005, 357.)

### 2.2.3 Aika

Aikavaatimuksilla on valmistavalle yritykselle suuri merkitys, etenkin kun tuotanto on asiakasohjautuvaa, jolloin tuote valmistetaan asiakkaan tilauksen perusteella. Nopea toimitus edellyttää nopeata tilaus-toimitusprosessia, jolloin tuotteen läpäisyajalla on keskeinen merkitys. Läpäisyajalla kuvataan aikaa, joka kuluu valmistuksen aloittamisesta tuotteen toimittamiseen. Läpäisyajan lyhentäminen on tuotannon yksi keskeisimmistä tavoitteista, sillä sen on havaittu tehostavan prosesseja, parantavan toiminnan laatua ja pienentävän kustannuksia. Nämä kolme tekijää kaikki parantavat yrityksen kilpailukykyä. (Haverila ym 2005, 357,401.)

### 2.2.4 Joustavuus

Tuotannon joustavuudella tarkoitetaan kykyä mukautua tuotantoprosessin muutoksiin, kuitenkin säilyttäen kustannustehokkuuden. Joustavuustyyppejä on erilaisia kuten volyy-mijoustavuus, tuotemixin vaihtelu, sekä uusien tuotteiden ja tuotantoteknologioiden implementointi. (Haverila ym 2005, 358.)

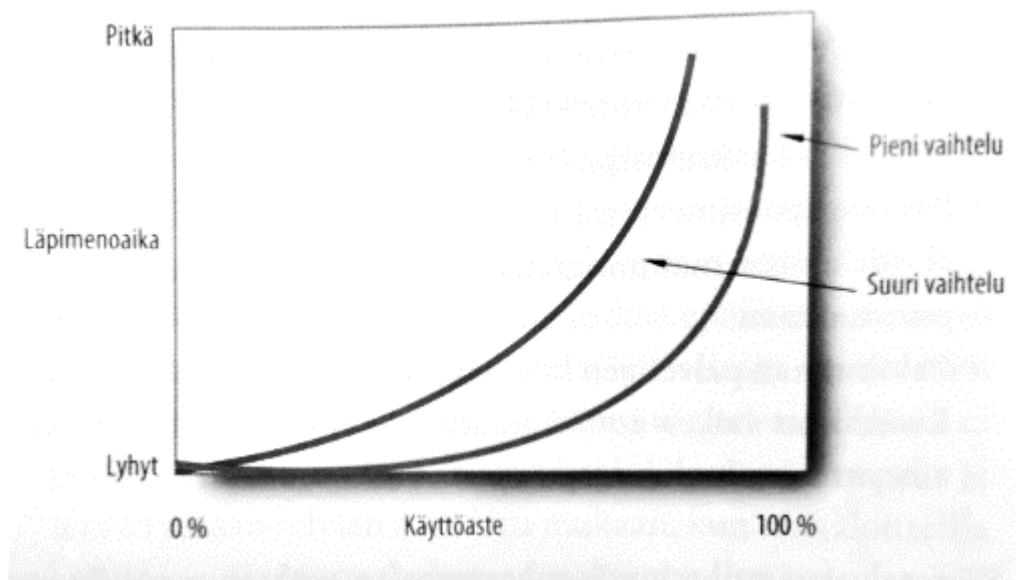
Alihankinta teollisuudessa vaaditaan usein paljon ja nopeasti, jolloin joustavuus ilmenee nopeutena, jolla resursseja siirretään tuotannosta toiseen. Mitä nopeampi muutoskehitys alalla vallitsee, sen tärkeämpää on yritysten joustavuus uusien tuotteiden implementoinnissa. Nopeasti kehittyvillä aloilla uuden teknologian implementointi on tärkeää, koska jatkuva yrityksen kilpailukykyyn tehostaminen on hyvä keino erottua kilpailijoista. (Haverila ym 2005, 358.)

### 2.3 Tuotannonohjauksen tavoitteet

Kuten aiemmin mainittiin, ymmärtämällä valmistavan yrityksen kilpailutekijät on helpompi lähestyä tuotannon tavoitteita. Samalla periaatteella voidaan lähestyä tuotannonohjauksen tavoitteita. Ymmärtämällä tuotannon tavoitteet, on helpompi lähestyä toiminnanohjauksen tavoitteita. Tuotannonohjauksessa pyritään siis tuotannon yleisiin tavoitteisiin eli kustannusten minimointiin, hyvään aikakilpailukykyyn, joustavuuteen sekä laatuun. Tuotannonohjauksen keskeisimmät tavoitteet ovat: (Haverila ym 2005, 402.)

- kapasiteetin korkea tuottavuus
- toimintaan sitoutuneen vaihto-omaisuuden minimointi
- toimitusvarmuus
- tuotannon läpäisy aika (Haverila ym 2005, 402.)

Kapasiteetin korkealla tuottavuudella tarkoitetaan toisaalta resurssitehokkuutta, mutta toisaalta myös suurta tuotantoa. Asia ei kuitenkaan ole niin yksinkertainen, koska korkea resurssitehokkuus ei välttämättä tarkoita tehokasta organisaatiota. Korkea resurssitehokkuus vaikuttaa virtaustehokkuuteen kielteisesti, eli arvoa tuottavien toimintojen summa suhteessa läpimenoaikaan kasvaa. (Haverila ym 2005, 402; Modig & Åhlström 2013, 26,64.)

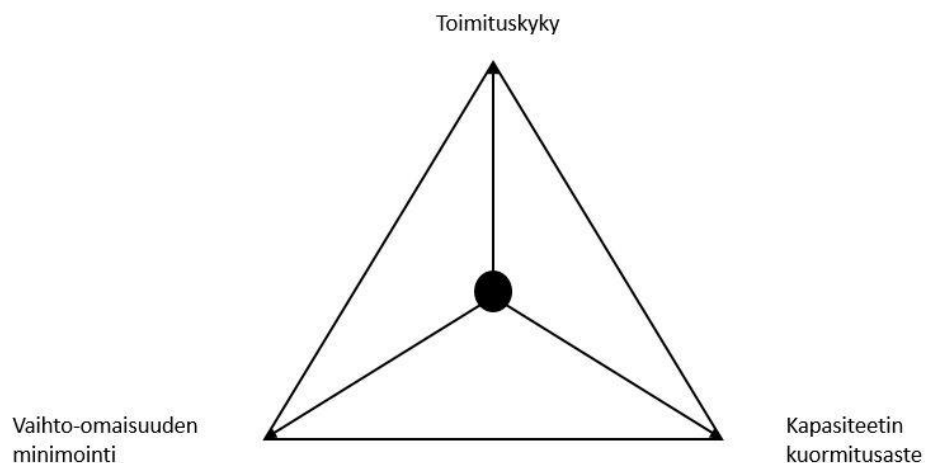


Kuva 2. Resurssitehokkuuden suhde läpimenoaikaan (Modig & Åhlström 2013, 42).

Kuva 2 osoittaa, että käyttöastetta kasvattamalla tuotteen läpimenoaika pitenee, eli läpimeno aika kasvaa sen mukaan, kuinka korkealla pystyakselilla ollaan. Käyriä tutkimalla käy ilmi, että mitä lähemmäksi siirrytään sadan prosentin käyttöastetta, sitä nopeammin läpimenoaika kasvaa. Jos käyttöastetta kasvatetaan 50 prosentista 55 prosenttiin, on muutos läpimenoajassa paljon pienempi kuin silloin, kun käyttöastetta kasvatetaan 80 prosentista 85 prosenttiin. Kuvio 1 kertoo myös, että kun tuotannossa on suurta vaihtelua, on käyttöasteen kasvattamisella suurempi vaikutus läpimenoaikaan kuin pienellä vaihtelulla. (Modig & Åhlström 2013, 42-43.)

Pitkä läpimenoaika vaikuttaa myöskin tuotantoon sitoutuneeseen pääomaan, jonka minimointi on yksi toiminnanohjauksen tavoitteista. Varsinkin valmistavalla yrityksellä raaka-aineisiin, keskeneräiseen työhön ja lopputuotevarastoihin sitoutuu huomattava määrä pääomaa. Kun puhutaan tuotantoon sidotusta pääomasta, tarkastellaan aikaan liittyviä tavoitteita. Mitä lyhemmäksi ajaksi yrityksen varoja sidotaan esimerkiksi keskeneräisiin tuotteisiin, sitä vähemmän yritys joutuu käyttämään pääomaa ja yrityksen rahoitus tilanne paranee. Lyhentämällä läpimenoaika on monia muitakin vaikutuksia, kuten parempi laatu, toimitusvarmuus ja se helpottaa kapasiteetin suunnittelua. (Laine 1980, 28; Haverila ym 2005, 402.)

Toimitusvarmuudesta puhutaan enemmän tuotannon tunnusluvut ja mittarit osiossa, mutta toiminnanohjauksen kannalta on tärkeää, että yritys pystyy pitämään asiakkaan tyytyväisenä eli toimittamaan tuotteet asiakkaan tarpeiden mukaisesti. (Haverila ym 2005, 402.)



Kuva 3. Tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuus (Haverila ym 2005, 404).

Tuotannonohjauksen keskeisillä tavoitteilla vallitsee kuitenkin ristiriitaisuus, kuten kuva 3 osoittaa. Lähestymällä kolmion jotakin kärkeä, etäännyttään samalla kahdesta muusta kärjestä. Kun tavoitellaan vaihto-omaisuuden minimointia, täytyy tuote- ja raaka-ainevaroja pienentää. Tällöin resurssitehokkuus kärsii, koska tuotantoa ei voida ylläpitää koko aikaa, jotta varastot eivät kasvaisi liian suuriksi. Kun varastot pienenevät, kärsii puolestaan toimitusvarmuus, koska asiakkaan tilaamia tuotteita ei välttämättä löydy varastosta ja ne täytyy valmistaa. (Haverila ym 2005, 403-404.)

Ratkaisu tuotannonohjauksen tavoitteiden ristiriitaisuuteen on lyhyessä läpäisyajassa. Lyhyellä läpäisyajalla voidaan samanaikaisesti pitää keskeneräisen tuotannon ja valmiiden tuotteiden varastot minimissä, sekä säilyttää hyvä toimitusvarmuus. (Haverila ym 2005, 404.)

Yrityksen strategia tulisi kuitenkin ottaa huomioon tuotannonohjauksen tavoitteissa. Korkeaa asiakastyytyväisyyttä tavoittelevan yrityksen täytyy varmistaa hyvä toimituskyky materiaalivarastolla. Jos strategiana on tavoitella matalia kustannuksia, yrityksen tulisi keskittyä lyhyeen läpäisy aikaan ja minimoida tuotantoon sitoutunut pääoma. (Haverila ym 2005, 404.)

## 2.4 Tuotannon ongelmat

Steran Tammelan tehtaassa ilmenneitä ongelmia on lähdetty aktiivisesti ratkomaan ja uusi koneinvestointi on yksi osa ratkaisua. Erityisesti levytyökeskuksilla valmistuu tuotteita satunnaisessa järjestyksessä, koska operaattorit järjestävät tilaukset materiaalien mukaan, jolloin operaattorin ei tarvitse vaihtaa levyä jatkuvasti. Tästä syystä saman tilauksen tuotteita voi olla useillakin eri lavoilla ja kun tuotteet siirretään eteenpäin särmättäväksi tai lähettämöön, ne joudutaan lajittelemaan. Jos tuotteita ruvettaisiin valmistamaan tilaus kerrallaan, asetus- ja läpimenoajat kasvaisivat valtaviksi ja operaattori viettäisi enemmän aikaa trukin ratissa, kuin levytyökeskuksella.

Levyt on Tammelan tehtaalla varastoitu pääpiirteittäin materiaalin mukaan, mutta välillä levyjä joutuu etsimään pidempäänkin. Levyt voivat olla esimerkiksi FMS:n (Flexible manufacturing system) sisällä, jolloin niiden ulos saamiseen menee muutamia minuutteja. Lisäksi osalla koneista operaattori joutuu purkamaan ja lastaamaan levyt levytyökeskukseen ja erityisesti isojen ruostumattomasta teräksestä valmistettujen levyjen tai paksumpien teräslevyjen siirtely on raskasta.

Suurin ongelma Tammelan tehtaalla on ohjelmoinnissa. Steralla valmistetaan paljon tuotteita, joissa on sama piirustus, mutta mittasuhteet ovat vain erilaisia. Parametrinen ohjelmointi on ollut jo pitkään käytössä, mutta siinä ei ole ollut vastaavaa automaatiota, jonka NC Express 3 ja Tulus Office mahdollistavat. Kuten aiemmin luvussa mainittiin, käytössä olevaan OptiCAM ohjelmistoon ei ole enää saatavilla päivityksiä ja ohjelmisto on jo jäänyt jälkeen kehityksestä useita vuosia. Ohjelmiston takia on olemassa myöskin tietoturvariski käyttöjärjestelmän takia, joka lisää haavoittuvuutta. Tiivistettynä ohjelmointi OptiCAM:llä on hidasta ja työlästä.

## 2.5 Tuotannon tunnusluvut ja mittarit

Tunnusluvut ovat eräs yrityksen johtamisen apuväline, toteaa Pertti Laine teoksessaan Tuotannon Tunnusluvut (1980, 10). Eri osastot käyttävät eri tunnuslukuja seurataksaan toimintaansa. Esimerkiksi kirjanpidon käyttämiä tunnuslukuja, kuten myyntikatetta ja käyttökatetta voidaan käyttää yrityksen toiminnan tehokkuuden arvioinnissa. Tuotannon tunnuslukujen tarkoitus on auttaa analysoimaan tuotannon keskeisiä tavoitteita, kuten kustannustehokkuutta ja tuottavuutta, tuotteiden laatua sekä toimitusvarmuutta. Yleisimpinä tuotannon tunnuslukuina voidaan pitää:

- tuotteen laatua
- toimitusvarmuutta
- tuotantoon sidottua pääomaa
- tuottavuutta (Laine 1980, 25-35.)

Tuotteen laatua mitataan usein sisäisissä- ja ulkoisissa -virhekustannuksissa. Yrityksen tuotannossa havaituista virheellisistä tuotteista tehdään esimerkiksi sisäinen reklamaatio. Muita yleisiä valmistavan yrityksen sisäisiä laatukustannuksia ovat esimerkiksi korjauskustannukset, joita aiheutuu uudelleen valmistamisesta. Ulkoisiin virhekustannuksiin luetaan kustannukset, jotka vasta asiakas havaitsee, tähän ryhmään kuuluvat muun muassa kaikki reklamaatio kustannukset. (Laine 1980, 51-53 ; Wild 1995, 578.)

Kuten aiemmin kohdassa 3.1 mainittiin, toimitusvarmuudella tarkoitetaan prosenttilukua, jolla tehdas pystyy toimittamaan tuotteet asiakkaalle sovittuun päivämäärään mennessä. Toimitusvarmuus lukuna voi olla esimerkiksi myöhästyneitten toimitusten määrä jaettuna toimitusten määrällä. (Laine 1980, 27-28.)

Tuotantoon sidottua pääomaa seurataan keskittymällä yrityksen vaihto-omaisuuteen eli raaka-aineisiin, keskeneräiseen tuotantoon ja valmistevarastoon. Raaka-ainevaraston tasoa voidaan mitata esimerkiksi varaston kiertonopeudella tai mittaamalla, kuinka kauan tavara viipyy varastossa. Keskeneräisen tuotannon määrä riippuu paljolti tuotantomääristä ja läpimenoajasta. Kun läpimenoaika on suuri, syntyy välivarastoja ja sidotun pääoman määrä kasvaa. (Laine 1980, 28-30.)

Tärkeimpiä tuotannon mittareita on sen tuottavuus. Tuottavuutta tai tehokkuutta mitataan monella tapaa. Yleisimpiä mittareita on esimerkiksi työntekijän tuottavuusluku, jossa vuoden tuottavuus jaetaan työntekijöiden määrällä. Usein yrityksissä mitataan kuitenkin kuukausittaista työn tuottavuutta ja se saatetaan ilmoittaa esimerkiksi euroa tunnissa. Tehokkuutta mitataan myös usein koneiden käyttösuhteilla, jossa verrataan esimerkiksi työstöaikaa koneen käynnissä olo aikaan. (Laine 1980, 30; Wild 1995, 685-686.)



### 3 LEAN MANUFACTURING

Lean manufacturing nähtiin vuonna 1988 ensimmäistä kertaa, kun John Krafcik kirjoitti artikkelin *Lean-tuotantojärjestelmän riemuvoitto*. Lean ajattelutapa perustuu kohta jo sata vuotta käytössä olleeseen TPS eli Toyota Production Systemiin. TPS:n idea oli keskittyä virtaustehokkuuteen, sillä järjestelmän isänä pidetyn Taiichi Ohnon mukaan tuotavuutta saa aikaan virtaus. Koska Lean on enemmänkin ajattelutapa kuin tuotantojärjestelmä, sitä sovelletaan myös useilla eri palvelualoilla. Tämä perustuu kolmeen peruskysymykseen, jotka soveltuvat alalle kuin alalle:

- Mitä asiakas haluaa?
- Milloin asiakas haluaa?
- Millaisia määriä halutaan? (Modig & Åhlström 2013, 72, 77-78.)

#### 3.1 Prosessilait

Modigin ja Åhlströmin mukaan organisaation tulee tuntea prosessilait, jotta se voisi ymmärtää mikä estää sitä tehostamasta virtaustehokkuutta. Prosessilakeja on kolme ja ne ovat kaikki yleispäteviä ja matemaattisesti todistettavissa. Selittämällä nämä lait on helppo ymmärtää miksi hyvään virtaustehokkuuteen on vaikea päästä. (Modig & Åhlström 2013, 31.)

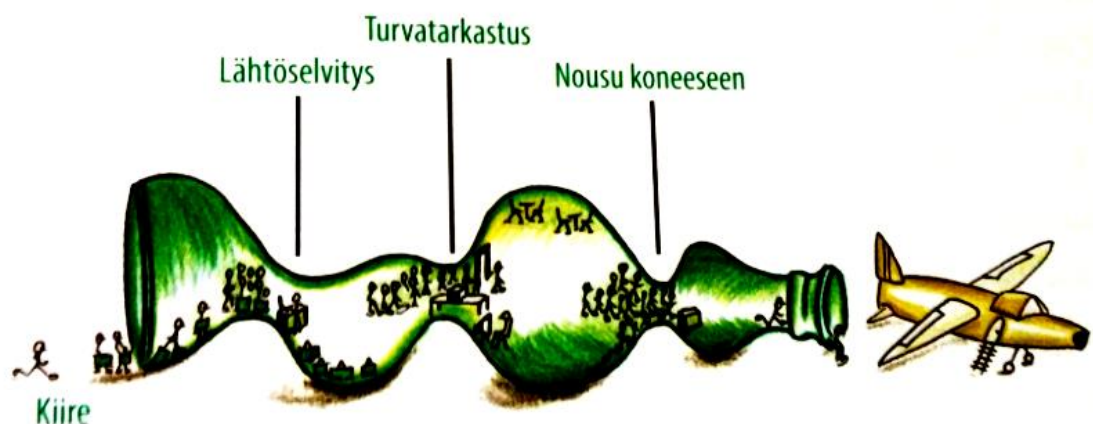
##### 3.1.1 Littlen laki

Littlen lain mukaan tuotteiden läpimenoaika kasvaa sitä mukaa, kuinka paljon keskeneräistä tuotantoa prosessissa on. Littlen laissa on kaksi muuttujaa, keskeneräisen tuotannon määrä ja jaksoaika. Jaksoajalla tarkoitetaan kahden keskeneräisen tuotteen prosessista poistumiseen kuluvaan aikaan eli sen mukaan tuotteita poistuu prosessista. Laki siis osoittaa, että kertomalla jaksoaika keskeneräisten tuotteiden määrällä, saadaan aika, jolloin tuotteet ovat poistuneet prosessista. Eli jos keskeneräisten tuotteiden määrä kasvaa, kasvaa myös läpimenoaika.

Resurssitehokkuuden ja keskeneräisten tuotteiden välillä on paradoksi. Kun yritys haluaa varmistaa hyvän resurssitehokkuuden, on pidettävä huoli, että työtä riittää ja resurssit ovat täydessä käytössä. Työ ei voi toisin sanoen koskaan loppua. On siis parempi, että työntekijät eivät odota työtä, vaan tuotteet. (Modig & Åhlström 2013, 34-36.)

### 3.1.2 Pullonkaulojen laki

Toista lakia kutsutaan pullonkaulojen laiksi ja sen mukaan tuotannossa tai palvelussa on aina kohta, johon muodostuu jono.



Kuva 4. Pullonkaulojen laissa johonkin muodostuu aina jonoja. (Modig & Åhlström 2013, 37.)

Kuvasta neljä käy ilmi, kuinka tässä tapauksessa lentokentälle muodostuu jonoja aina tiettyihin kohtiin, kuten lähtöselvitykseen tai turvatarkastukseen. Sama pätee myöskin tuotannossa, johon kertyy esimerkiksi välivarasto, vaikka kapasiteetti on täydessä sadassa prosentissa. Vaikka pullonkaula poistettaisiin resursseja lisäämällä tai nopeuttamalla prosessia, muodostuu pullonkaula silti jonnekin muualle. Pullonkaulat vaikuttavat läpimenoaikaan kasvattamalla sitä, koska tuotteet joutuvat odottamaan päästäkseen seuraavaan työvaiheeseen. (Modig & Åhlström 2013, 37-39.)

### 3.1.3 Vaihtelun laki

Modigin ja Åhlströmin mukaan prosesseissa on aina vaihtelua ja niiden tyypit voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: resurssit, virtausyksiköt ja ulkoiset tekijät. Kolmannella

lailla viitataan vaihtelun, resurssitehokkuuden ja läpimenoajan yhteyteen. Vaihtelun merkitys virtaustehokkuuteen on merkittävä ja se on yksi suurimmista ongelmista kun organisaatio haluaa olla sekä virtaustehokas, että resurssitehokas, koska läpimenoaika kasvaa sen mukaan, kuinka paljon vaihtelua prosessissa on. (Modig & Åhlström 2013, 40-44.)

Resurssien vaihtelulla tarkoitetaan esimerkiksi koneita, jotka ovat ajoittain huollossa tai epäkunnossa. Työntekijät saattavat olla eri tasoisia ja toimia eri tehokkuudella. Joskus työntekijät ovat sairaana ja joskus työntekijä ei ole motivoitunut. Virtausyksiköiden vaihtelulla viitataan vaihteluun valmistettavissa tuotteissa. Linjalla saatetaan valmistaa useita eri tuotteita tai tuotteita saatetaan valmistaa esimerkiksi eri materiaalista. Ulkoisilla teki-  
jöillä tarkoitetaan asioita joiden tapahtumiseen ei organisaatiolla ole juurikaan mahdollista vaikuttaa. Kapasiteetin ylittäminen valtavasta tilausmäärästä, joka ei ollut ennustettavissa tai esimerkiksi alihankkijan laatuongelmat. (Modig & Åhlström 2013, 40.)

### 3.2 Seitsemän hukkaa

Lean-valmistuksen yksi tunnetuimpia ja keskeisimpiä menetelmiä tuotannon tehostamiseen on kaikkien hukkien poisto. Jatkuva prosessin kehittäminen ja hukkien poisto on koko Lean-ajattelun ydin. Todellisuudessa näitä hukkia on todella vaikea havaita ja poistaa, koska työtavat ja työn standardit ovat saattaneet olla käytössä vuosikausia. Tämän takia voi olla vaikeaa luopua jo hyväksi todetusta työskentelytavasta. (Leimbach & Farrel 2006.)

Lean-ajattelun hukkia ovat kaikki toiminnot, jotka lisäävät kustannuksia, mutta eivät lisää tuotteen arvoa. Kaikki tuotantolaitokset ovat enemmän tai vähemmän erilaisia toisistaan, mutta samat ongelmat toistuvat. Yhtenä Lean-valmistuksen pioneerina pidetyn Toyotan mukaan seitsemän tuhoisinta hukkaa, jotka ovat:

- Ylituotanto
- Odotusaika
- kuljetus
- varastointi
- prosessista johtuva

- virheelliset tuotteet
- liikkuminen. (Carreira 2005, 53.)

Jotta hukka voitaisiin poistaa tuotantoprosessista, täytyy se ensin tunnistaa. Toiset ovat helpommin havaittavissa, kuten ylimääräiset liikkeet tai työvaiheet, kun taas toiset saatavat olla hyvinkin haastavia. Hukkien havaitseminen ja ratkaisujen keksiminen vaatii pitkäaikaista paneutumista. Usein parhaimmat kehitysideat tulevatkin suoraan tuotantotyöntekijöiltä, jotka työskentelevät päivittäin saman työvaiheen parissa. Tuotantotyöntekijöitä pitäisikin rohkaista kertomaan ja ehdottamaan parannusideoistaan käyttämällä esimerkiksi palkitsemisjärjestelmää. (Carreira 2005, 53; Leimbach & Farrel 2006.)

### 3.2.1 Ylituotanto

Ylituotantoa syntyy kun tuotteita valmistetaan enemmän, mitä markkinoilla on kysyntää ja se on yksi suurimmista hukista, jota tuotannossa syntyy. Kun menekki on suuri, ongelmaa ei välttämättä edes huomata, mutta menekin laskiessa ylituotanto ilmenee myymättömänä varastona. Ylimääräisestä tuotannosta aiheutuvat kulut ovat täysin turha meno erä. Raaka-aine kustannukset ja työ ovat suoria kuluja, mutta ylimääräinen varastointi lisää myös materiaalinhallintaa, vie enemmän tilaa ja lisää varaston ylläpitokustannuksia. (Carreira 2005, 93; Leimbach & Farrel 2006.)

Wendell Leimbachin ja John Farrelin kirjoittaman artikkelin mukaan ylituotanto on vain pintaraapaisu alla piileviin ongelmiin. Syitä ylituotannolle on monia, kuten pitkät asetusajat. Muita yleisiä syitä on huono tasapaino tuotannossa, jolloin keskeneräistä tuotantoa muodostuu työvaiheiden välille. Tuotannonsuunnittelijoiden tulisi ymmärtää, että koneiden ja työntekijöiden ei tarvitse olla koko aikaa täydessä käyttöasteessa, kunhan asiakasvaatimukset täytetään. Työntekijöiden pitäisi sisäistää, että seuraavan tuotantovaiheen työntekijä on asiakas ja tuotteita tulisi valmistaa sitä tahtia, mitä asiakas tarvitsee. (Carreira 2005, 94; Leimbach & Farrel 2006.)

### 3.2.2 Odotusaika

Odottamiselle on tuotannossa useita syitä ja se on yksi helpoiten tunnistettavista hukista. Tuotannonalat, joissa käytetään CNC-koneita (Computer Numerical Control) odottami-

nen on varsin yleistä. Operaattorien tehtävät ovat vähentyneet huomattavasti teknologian kehittymisen myötä ja operaattorin tehtäviin saattaa kuulua vain esimerkiksi koneen lataaminen raaka-aineilla ja valmiin tuotteen purku. On kuitenkin kiisteltyä, että onko CNC-koneen operaattorin odottaminen varsinaista odottamista koneistussyklin aikana, koska kone on kuitenkin käynnissä ja se kasvattaa tuotteen arvoa. Muita syitä odottamiselle on muun muassa:

- Tuotantotyöntekijä joutuu odottamaan materiaalin toimittamista työpisteelle.
- Tiedon odottaminen, liittyen esimerkiksi tilaukseen tai aikataulutukseen.
- Työntekijä on tehnyt jo tarvittavan määrän työtä.

(Carreira 2005, 94; Leimbach & Farrel 2006.)

### 3.2.3 Kuljettaminen

Kuljettamisella tarkoitetaan tuotteiden tai raaka-aineiden siirtämistä paikasta toiseen. Tuotteita siirrellään sisään ja ulos rakennuksista, eri työvaiheiden välillä, varastoinnissa ja lastauksessa. Kaikki tuotteiden kuljettaminen voidaan laskea hukaksi, koska se ei lisää tuotteelle arvoa. Yleisimpiä syitä ylimääräiselle kuljettamiselle on huono tehtaan ja varaston layout, jonka takia kuljetusmatkat ovat pitkiä. (Carreira 2005, 60; Leimbach & Farrel 2006.)

Kuljettamisesta johtuva hukka voidaan minimoida pienentämällä kuljetusmatkoja. Paremmin koordinoitu prosessi, paremmat kuljetustavat ja paremmin suunniteltu tuotanto vähentävät kaikki kuljettamista. Helpoin tapa vähentää kuljettamisesta johtuvaa hukkaa on suunnitella materiaalien sijoittelu tuotannon kannalta järkevästi. (Leimbach & Farrel 2006.)

### 3.2.4 Varastointi

Jos tuote seisoo turhaan varastossa ja sitä ei tarvita juuri sillä hetkellä voidaan puhua turhasta varastoinnista. Varastoinnista johtuva hukka on tiiviisti yhteydessä ylituotantoon. Ylimääräinen varastointi on kallista, sillä se vaatii ylimääräistä materiaalin hallintaa, tilaa, korkokustannuksia, työvoimaa ja paperityötä. Varastoinnista johtuvien korkeiden kustannuksien vuoksi ylimääräisten tuotteiden varastointi tulisi aina pitää minimissä. (Carreira 2005, 58; Leimbach & Farrel 2006.)

Ylisuuret varastot ovat usein merkki syvemmistä ongelmista ja varastojen pienetessä ongelmat alkavat esiintyä. Huono aikataulutus, koneiden hajoamiset, laatuongelmat, pitkät kuljetusmatkat, raaka-ainetoimittajien pitkät toimitusajat ja pitkät asetusajat ovat yleisimpiä ongelmia, jotka liittyvät suuriin varastoihin. (Leimbach & Farrel 2006.)

Varastotasojen pienentämisessä olennaista on turhien materiaalien poisto varastosta ja tuotantomäärien pitäminen kulutuksen kanssa samalla tasolla. Raaka-aine hankinnoissa voidaan käyttää apuna eri työkaluja kuten EOQ:ta eli Economic order quantity menetelmää, jonka avulla voidaan laskea sopiva eräkoko tilattaville raaka-aineille. EOQ ei kuitenkaan aina kerro oikeaa eräkokoa, koska tavarantoimittajat antavat usein alennuksia kun tilattavat eräkoot ovat riittävän suuria. (Carreira 2005, 93-94; Leimbach & Farrel 2006.)

### 3.2.5 Prosessi

Tuotannonsuunnittelijan näkökulmasta yksi helpoimmin havaittavia hukkia on virheellinen prosessi. Tällä tarkoitetaan sitä, että prosessin kehitystä ei ole viety tarpeeksi pitkälle ja tuotantotyöntekijä joutuu tekemään ylimääräistä työtä, joka voitaisiin välttää paremalla suunnittelulla. Pitkät asetusajat ja jatkuvat työkalujen vaihdot ovat esimerkki huonosti suunnitellusta prosessista. Virheellinen prosessi voi johtua myös huonosti huollettusta tai liian vanhasta konekannasta, joka tekee työntekijän tehtävän huomattavasti hankalammaksi. Tämä vika on kuitenkin helppo korjata uudistamalla konekanta tai tekemällä kattavamman huoltosuunnitelman. Laadukkaan tuotteen valmistamiseen kuluu vähemmän aikaa, kun koneet ja työkalut ovat ajan tasalla ja hyvin huollettuja. (Carreira 2005, 61-62; Leimbach & Farrel 2006.)

Prosessista johtuvalla hukalla voidaan myös tarkoittaa yliprosessointia, eli työtä tehdään enemmän kuin on asiakkaan näkökulmasta tarve. Yliprosessoinnista johtuvat kulut voivat olla huomattavin suuriakin, sillä työntekijöiden käyttämät työkalut kuluvat ja aikaa kuluu turhaan työhön. Ylimääräiseen työhön käytetty aika ei lisää arvoa ja se voitaisiin käyttää tehokkaammin johonkin arvoa lisäävään työhön. (Carreira 2005, 61-62; Leimbach & Farrel 2006.)

Yliprosessointia voidaan vähentää standardisoimalla työvaiheet ja tekemällä niihin tarkat ohjeet. Näin varmistetaan, että jokainen työntekijä tekee työvaiheen samalla tavalla. Samalla vältetään isommilta laadun vaihteluilta ja työntekijän tietää, koska tuote on valmis

ja arvoa lisäämätön aika jää mahdollisimman pieneksi. (Carreira 2005, 61-62; Leimbach & Farrel 2006.)

### 3.2.6 Virheelliset tuotteet

Vialliset tuotteet on monilla yrityksillä iso ongelma. Ne lisäävät läpivientiaikaa ja kustannuksia ja aiheuttavat monia lieveilmiöitä. Tuote saattaa olla väärin kasattu, tai siinä voi olla vääriä tai viallisia komponentteja, jotka täytyy korjata. (Carreira 2005, 62; Leimbach & Farrel 2006.)

Kulut, jotka aiheutuvat viallisista tuotteista on melko helppo huomata. Jos vika huomataan vasta laadunhallinnassa, eikä esimerkiksi kesken tuotannon, kaikki valmistukseen käytetty aika on mennyt hukkaan. Pahimmassa tapauksessa asiakas huomaa virheen ja jo kuljetuksesta aiheutuvat kustannukset voivat olla huomattavia ja vialliset tuotteet saatavat jopa johtaa asiakkaan menettämiseen. Virheellisestä tuotteesta aiheutuvia kuluja edellä mainitun lisäksi ovat, uuden kappaleen valmistus, materiaalit, tuotannon aikataulutus ja paperityöt. (Carreira 2005, 62; Leimbach & Farrel 2006.)

Viallisten tuotteiden määrää voidaan vähentää monella tavalla. Esimerkiksi automaatiota lisäämällä voidaan vaikuttaa tuotteiden tasalaatuisuuteen ja virheettömyyteen, koska kone tekee jokaisen tuotteen täsmälleen samalla tavalla. Standardoimalla työvaiheet, niin, että jokainen työntekijä tekee saman työn tismalleen samalla tavalla parantaa laatua ja samalla myös läpivientiaikaa. Jokaisen työntekijän tulisi myös tietää, kuinka käsitellä tuotteita oikein. Huonot materiaalinkäsittelymenetelmät saattavat naarmuttaa tai vahingoittaa tuotteita. Tehokkain menetelmä on puuttua vikojen aiheuttajaan luomalla järjestelmän, jossa puututaan viallisiin tuotteisiin heti niiden ilmetessä. Valtuuttamalla työntekijät toimimaan heti kun he havaitsevat viallisen tuotteen vältytään turhalta työltä. Kun vikojen aiheuttaja on tiedossa, voidaan aloittaa ratkaisun kehittäminen. (Leimbach & Farrel 2006.)

## 4 TUOTANNON NYKYTILA

Asiakas Y:lle valmistettavan tuote X:n valmistus on yksi uuden tuotantolinjan tehtävistä. Vanhaan tuotantoprosessiin kuuluu useita eri työvaiheita ja tuotteiden siirtelyä. Odotusajat voivat olla pitkiä työvaiheiden välillä. Tässä luvussa kuvataan Tammelan tehtaassa mekaniikkaosaston tuotannon nykytilaa tuote X:n näkökulmasta ja tutustutaan sen valmistusprosessiin, sekä reklamaatioihin. Lisäksi tutustutaan tuotannon nykytilan ongelmiin.

### 4.1 Ohjelmoinnin nykytila

Tällä hetkellä Steran Tammelan tehtaalla on vielä käytössä vanha ohjelmointijärjestelmä, jota käytetään jatkossakin vanhojen levytyökeskusten ohjelmointiin. Vanha ohjelmointijärjestelmä OptiCAM on huomattavasti kömpelömpi ja vanhanaikaisempi kuin NC Express 3. OptiCAM toimii ainoastaan vanhoilla käyttöjärjestelmillä, kuten Windows XP:llä, joten osalla ohjelmoijista on kaksi tietokonetta käytössä. OptiCAM ei ole saanut päivityksiä enää moniin vuosiin, joten erityisesti parametrinen ohjelmointi on jäänyt vaiheeseen ja kappaleita luodaan manuaalisesti muuttamalla parametrien arvoja skriptiin. Juuri ohjelmoinnin kömpelyys ja hitaus on yksi keskeisimmistä syistä uudelle kone- ja ohjelmistohankinnalle.

OptiCAM ei osaa automaattityöstystä eli automaattista työkalujen sijoittelua, joten työkalut joudutaan sijoittamaan manuaalisesti kappaleeseen, kun taas NC Express 3:lla voidaan vain käyttää automaattityöstystä. Miltein kaikki uudet ominaisuudet kuten mahdollisuudet opettaa kone tunnistamaan tiettyjä geometrioita tai esimerkiksi piirustuksen muokkaaminen nopeasti ei ole mahdollista OptiCAMissa.

### 4.2 Tuote X:n tuotantoprosessi

Tuote X:n tuotantoprosessi alkaa ohjelmoinnilla, jossa geometria piirretään BricsCAD ohjelmistolla ja tallennetaan edelleen DXF -tiedostona. Tiedosto avataan OptiCAM ohjelmalla, jossa työkalut sijoitetaan manuaalisesti oikeille paikoilleen, joko käyttämällä hiirtä tai koordinaatteja.



Tuote X:n tuotantoprosessi jatkuu aihion valmistuksella. Aihiota ei voida leikata levytyökeskuksella, koska levytyökeskuksen leikkuutyökalu jättää jäljen paneeliin. Tästä syystä aihio ja mahdolliset ikkunat paneelissa leikataan laserilla. Työ aloitetaan poistamalla pinnan pinnassa oleva suojakalvo.



Kuva 5. Kalvon poistaminen levyn pinnasta.

Kuvassa 5 näkyy kalvo, joka on levyjen pinnassa. Sen poistaminen on työlästä ja aikaa vievää. Jos kalvoa ei poisteta, laser ei polta kappaletta lävitse asti ja tuote on viallinen. Kun aihio on leikattu, täytyy se suojata muovilla uudelleen, jotta välttyttäisiin mahdollisilta vaurioilta kuljetuksissa tai seuraavissa työvaiheissa. Aihion suojaamiseen tarvitaan usein kaksi ihmistä, joten toinen työntekijä joutuu lopettamaan oman työnsä hetkeksi ja auttamaan. Aihioden valmistus on aikaa vaativin työvaihe paneelien valmistuksessa. Tässä työvaiheessa ei kuitenkaan satu virheitä ja varsinaisia riskejä tuotteen vaurioitumiselle ei ole, ellei työntekijä kolhi paneelia.

Kun aihiot on leikattu ja pakattu erilliselle lavalle, niin, että jokaisen kerroksen välissä on pahvit suojaamassa, voidaan paneelit siirtää seuraavaan työvaiheeseen. Levytyökeskuksella tehdään paneelin muut kuviot, jotka ovat kappaleen sisällä. Juuri pakattu lava puretaan yksitellen levytyökeskukseen ja valmiit tuotteet pakataan taas samalla tavalla. Syntyy ylimääräistä liikettä ja siirtelyä, jossa tuotteen vaurioitumiselle on riski. Levytyökeskuksessa työkalujen täytyy olla terävät ja välysten oikeat, jotta työkaluista ei jäisi jälkiä paneeliin. Usein käy niin, että kun tuote X tuodaan, on jokin muu työ meneillään levytyökeskuksella. Työ aloitetaan vasta kun käytössä olevasta materiaalista on kaikki muutkin tilaukset valmistettu. Odottamisen lisäksi työkalut täytyy useimmiten vaihtaa välissä, joten asetus aika on kohtuullisen pitkä.



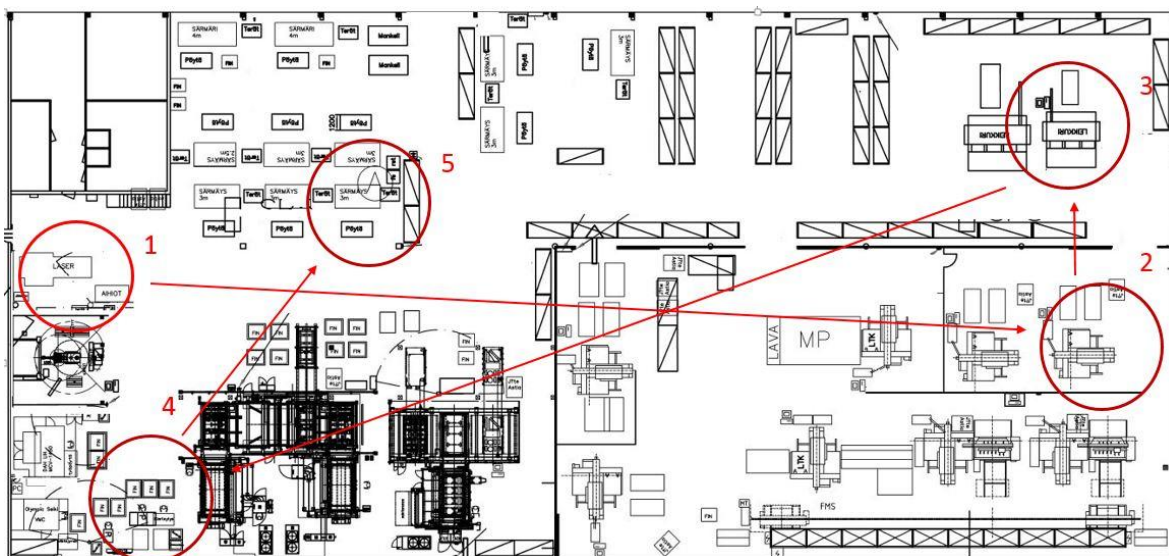
Kuva 6. Tuote X:n valmistukseen käytettävä levytyökeskus.

Kuvassa 6 näkyy levytyökeskus, jolla tuote X:n valmistus tapahtuu. Työvaiheen ongelmia ovat muun muassa purku ja lastaus, joka tehdään käsin kuvassa näkyvillä sinisillä kärryillä. Isoimmat aihiot ovat jo varsin painavia ja paneelien terävät reunat hankaloittavat niiden käsittelyä. Aihiota käsiteltäessä täytyy olla varovainen, jotta ne eivät naarmuunnu. Tässä työvaiheessa syntyy jonkin verran virheellisiä tuotteita. Tylsät työkalut saattavat jättää jäljen, tai levytyökeskuksen kynnet voivat olla liian lähellä työstöaluetta, jolloin levyyn jää painauma.

Levytyökeskuksen jälkeen kappaleet menevät jälkileikkuuseen. Aihiot jätetään tarkoituksella hieman suuriksi toisesta reunasta, jotta levytyökeskuksen kynsillä voidaan tarttua kappaleeseen. Tästä jää aina jäljet, joten ylimääräinen reunus on välttämätön. Taas kappaleita siirrellään, nostellaan, puretaan ja lastataan, joten riski tuotteen vaurioitumiselle on olemassa.

Paneelien kiinnitysreikiin tehtävät viisteet tehdään joko levytyökeskuksen tai jälkileikkuun jälkeen. Työvaihe on yksi riskialttiimmista työvaiheista, koska lastuavassa työssä metallilastut jäävät välillä terään kiinni ja pyöriessään saattavat naarmuttaa paneelin pintaa suojakalvon läpi. Paneelien suuren koon vuoksi, viisteiden teko on haastavaa ja pienikin naarmu johtaa reklamaation.

Viimeinen työvaihe mekaniikan puolella on särmäys, jossa paneelin reunat kantataan. Paneeleja ei voida särmätä automaattisärmäimellä, vaan ne särmätään käsin. Särmäyksessä käytetään pehmustettuja ala- ja ylätyökaluja, jotta paneelin ei jäisi jälkiä.



Kuva 7. Tuote X:n työvaiheet layoutkuvassa.

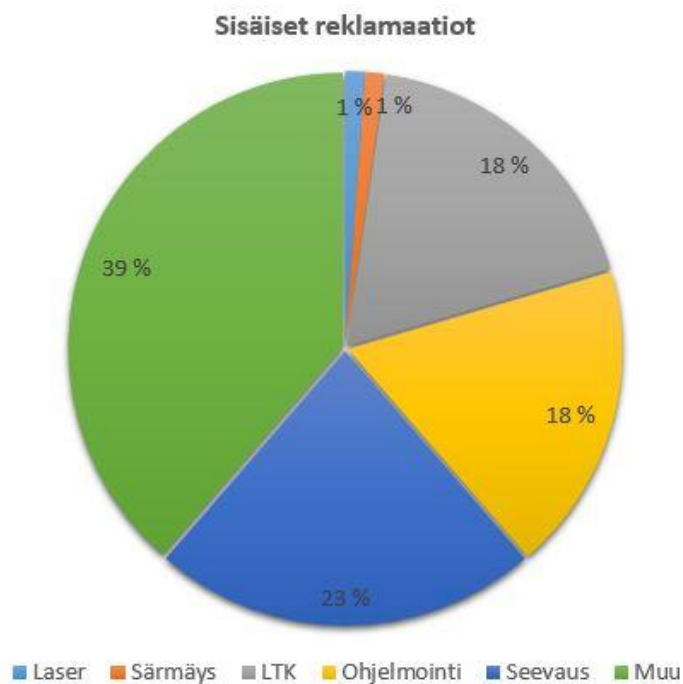
Kuvasta 7 näkee, kuinka paljon liikettä tuote X:n valmistuksessa on. Kuljettaminen on yksi seitsemästä hukasta ja se tulisi minimoida, koska se ei lisää tuotteelle arvoa. Paneeleja siirrellään hallin toiselta puolelta toiselle puolelle pariinkin otteeseen. Työvaiheet numerojärjestyksessä:

1. Aihion leikkaus laserilla
2. Reikien teko levytyökeskuksella

3. Aihion jälkileikkuu
4. Viisteiden teko poralla
5. Reunojen särmäys särmäyspuristimella

#### 4.2.1 Sisäiset ja ulkoiset reklamaatiot

Tammelan tehtaalla reklamaatiot jaetaan kahteen eri ryhmään, ulkoisiin ja sisäisiin reklamaatioihin. Sisäiset reklamaatiot huomataan joko tuotannossa tai vasta lopullisessa laaduntarkastuksessa. Ulkoiset reklamaatiot huomataan vasta asiakkaan toimesta ja niistä aiheutuu huomattavasti enemmän kuluja muun muassa kuljetusten takia. Ulkoisia reklamaatioita ei pitäisi käytännössä tulla, elleivät tuotteet vahingoitu kuljetuksessa.

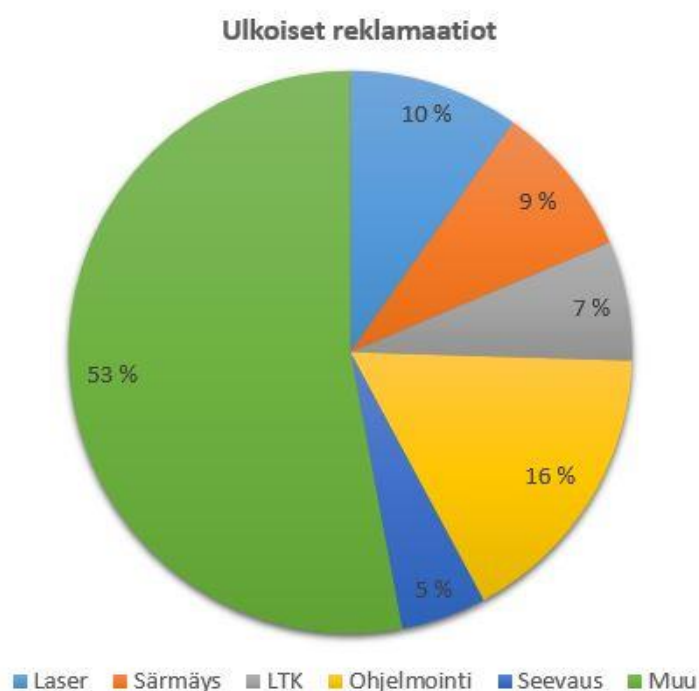


Kuva 8. Sisäiset tuote X reklamaatiot Tammelan tehtaassa ajalta 1.1.2015 – 31.1.2016.

Kuva 8 esittää dataa sisäisistä reklamaatioista, jotka on lisätty järjestelmään tuotanto-työntekijöiden, työnjohdon tai ohjelmoinnin toimesta ajalla 1.1.2015 – 31.1.2016. Kuviosta käy ilmi, missä työvaiheissa sattuu eniten virheitä. Joukosta erottuu selvästi särmäys ja laser, jotka ovat yhteensä vain 2% kaikista reklamaatioista. Ohjelmointi ja levytykeskuksilla sattuneet virheet ovat molemmat 18% kaikista reklamaatioista. Ohjelmoinnissa tapahtuu helposti inhimillisiä virheitä kun kappaletta piirretään BricsCAD:lla.

Tässä kohtaa ohjelmointivirheisiin on laskettu myöskin virheet asiakkaalta saaduissa piirustuksissa, jotka eivät ole olleet ajan tasalla ohjelmoijilla. Levytyökeskuksella virheet ovat johtuneet työkaluista jääneistä jäljistä tai levytyökeskuksen kynnet ovat olleet väärässä paikkaa ja levyyn on jäänyt lommo.

Seevauksesta on raportoitu 23% kaikista reklamaatioista. Seevauksessa sattuvia virheitä ovat useimmiten naarmut, jotka aiheutuvat terän mukana pyörivistä metallilastuista. Muita reklamaatioita on ollut 39% kaikista reklamaatioista. Syitä reklamaatioille ovat olleet esimerkiksi väärät menetelmät varastoinnissa, jolloin lavoja on esimerkiksi nostettu paneelien päälle ja ne ovat naarmuuntuneet tai materiaalissa on ollut valmistusvirhe. Pääasiassa reklamaatiot jotka kuuluvat muu otsikon alle, johtuvat naarmuista paneeleissa, jotka on huomattu joko lopputarkastuksessa tai jossain työvaiheessa. Kaikista virheellisistä tuotteista ei ole tehty sisäistä reklamaatiota, joten niitä on todennäköisesti jonkin verran enemmän kuin datassa.



Kuva 9. Ulkoiset tuote X reklamaatiot Tammelan tehtaassa ajalta 1.1.2015 – 31.1.2016.

Kuva 9 esittää ulkoisten reklamaatioiden jakaumaa, joka on hyvinkin erilainen verrattuna sisäisiin reklamaatioihin. Data on kerätty järjestelmästä samalta aikaväliltä, kuin sisäisten reklamaatioiden. Työvaiheiden väliset erot ovat tasoittuneet huomattavasti kun taas

muut reklamaatiot ovat kasvaneet selvästi. Ohjelmointi virheet ovat pysyneet lähes ennallaan ja niissä korostuu erityisesti väärällä revisiolla valmistetut tuotteet. Väärällä revisiolla valmistamista on vaikea vähentää, jos ohjelmoijalla ei ole ajan tasalla olevia kuvia. Seevaus reklamaatiot ovat vähentyneet huomattavasti, koska ne on todennäköisesti havaittu laaduntarkastuksessa. Laser ja särmäys reklamaatiot ovat kymmenkertaistuneet prosentuaalisesti. Paneeleja on valmistettu joko väärän kätisiksi tai laserista on jäänyt polttojälki ikkunoiden kohdalle. Levytyökeskuksella reklamaatiot ovat koskeneet työkaluista jääneitä jälkiä tai reikiä on puuttunut paneelistä.

Muihin reklamaatioihin on kuulunut väärin toimitettuja tuotteita ja naarmuilla tai lommoilla olevia paneeleja.



## 5 CASE - TUOTANNON TEHOSTAMINEN PARAMETRISILLA OHJELMILLA

Tässä luvussa kerrotaan Steran Tammelan tehtaan uuden laitehankinnan parametriseista ohjelmoinnista ja sen vaikutuksista tuotantoon. Luvussa kerrotaan kuinka uusi tuotannonohjaus toimii ja kuinka tuotantotilaus etenee tilauksesta valmiiksi kappaleeksi. Lisäksi luvussa on pohdittu parametriseen kappaleen ominaisuuksia.

### 5.1 Parametriseen kappale

Tämän luvun tarkoitus on antaa pohja varsinaisele toimeksiannolleni Steran Tammelan tehtaassa, jossa tehtävänä on valmistaa parametriseia ohjelmia uudelle tuotantolinjalle. Tässä luvussa aihe rajataan kuitenkin parametriseiin kappaleiseiin, sekä ohutlevytekniikassa käytettävään parametriseen ohjelmointiin, jolla ohjelmoidaan levytyökeskuksia ja combikoneita. Ohjelmointikielenä Tammelan yksikössä käytetään VBscriptiä eli Visual Basic Scriptiä ja työssä käytettäviä ohjelmia ovat Notepad++, BricsCAD V13 ja NC Express 3.

Ohjelmoinnin tehtävä on kertoa koneelle, mitä sen tulee tehdä ja miten se sen tekee. Levytyökeskuksia on ohjelmoitu jo kymmeniä vuosia, mutta varsinaiseen ohjelmointiin sen nykymuodossaan siirryttiin 90 -luvulla kun CAM(computer aided manufacturing) ja CAD(computer aided design) -ohjelmien käyttö alkoi olla helpompaa ja yleisempää. Uudella Prima Power LPe6f -combikoneella on kuitenkin tarkoitus valmistaa pääasiassa parametriseia kappaleita, jolloin automaatioaste pystytään pitämään korkealla. Tällä hetkellä Steran Tammelan tehtaalla on käytössä viisi levytyökeskusta.

Yksi modernin 3D CAD mallituksen hienoimmista ominaisuuksista on kyky käyttää ja muokata aiempia piirustuksia tehokkaasti ja helposti. Yhä suuremmissa määrin yritysten suunnittelijat tekevät piirustuksia parametriseesti, jotta yhtä piirustusta voidaan käyttää useita kertoja, jolloin vältetään ylimääräiseltä työltä. Camban, Conteron ja Companyn (2016) mukaan parametriseesta parametriseesta CAD suunnittelusta on tullut standardi useilla eri teollisilla aloilla. (Camba, Contero & Company 2016, 18-19.)

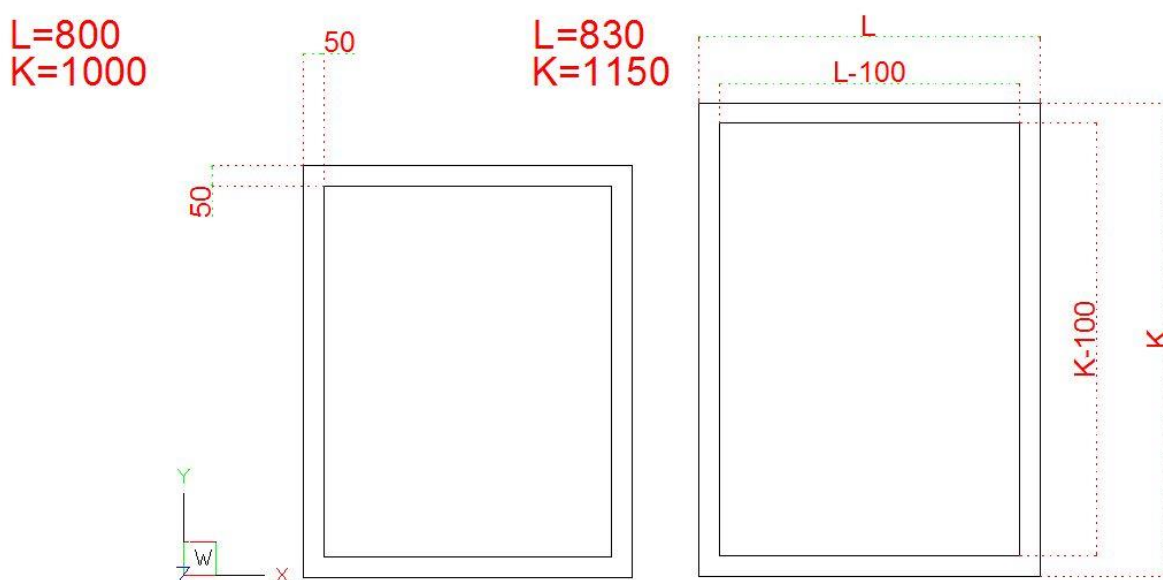
Parametriseessä mallissa geometriaa hallitaan parametreilla, joita voidaan määritellä joko mittoina, geometrioina tai numeerisina arvoina. Parametriseen kappale on yhdistelmä

suhteita ja muuttujia eli parametreja. Parametrissa kappaletta muokataan skriptissä eli komentosarjassa. Aina kun skripti ajetaan eri parametreilla, syntyy uusi geometria. Tästä johtuu parametrin kappaleen etu suhteessa tavalliseen kappaleeseen. Parametriseen kappaleen valmistamiseen investoitu aika korvautuu nopeasti, kun parametrin kappaleen varianttien valmistamiseen menee vain murto-osa ajasta, joka menisi niiden käsin piirtämiseen. Juuri tuotteiden nopea tuotantoon saaminen on välttämättömyys esimerkiksi ohutlevytekniikassa. Ilman parametrisia kappaleita, se ei olisi mahdollista. (Alibaba, Arfaei & Loftabadi 2016, 1340.)

Kuten aiemmin tässä luvussa mainittiin, Steralla käytetään ohjelmointikielenä VBscriptiä, jossa geometriaa hallitaan numeerisilla arvoilla.

```
If L <= 2000 And L >= 1250 then,
Part.Circle 250.0000, 240.0000, 5.0
End If
```

Tässä kohtaa ympyrä piirrettäisiin koordinaatteihin 250,240 (X, Y) ja sen säde olisi 5.0mm, jos ehdot täyttyvät eli kappaleen pituus parametri L on alle tai yhtä suuri kuin 2000mm, mutta pidempi tai yhtä suuri kuin 1250mm.



Kuva 10. Parametrisesti suunniteltu ikkuna.

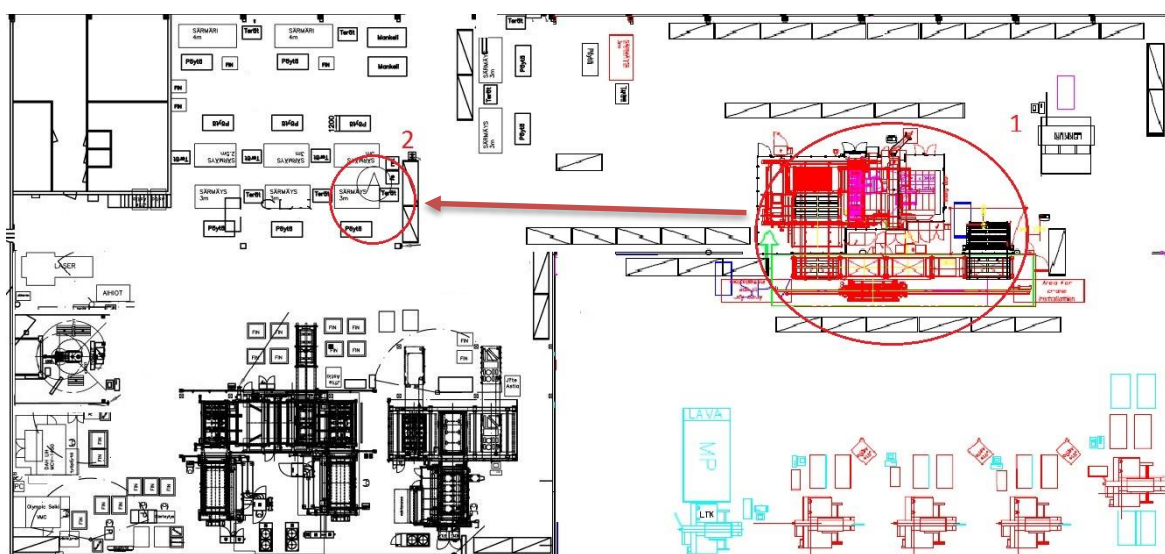
Kuva 10 on esimerkki parametrisesti suunnitellusta ikkunasta. Ikkunalle on annettu kaksi parametria, korkeus K ja leveys L. Koska ikkunan kehys on mitoitettu parametreilla K ja



L, on varsinainen ikkunan lasi mitoitettu käyttämällä samoja parametreja. Tässä tapauksessa ikkunan kehys on 50mm korkea ja 50mm leveä, joten lasin korkeuden ja leveyden laskukaavat ovat L-100 ja K-100. Oikealla puolella kuviota on sama ikkuna, mutta siinä on syötetty parametreille arvot L=1150 ja K=830. Kuten kuviosta näkyy, mittasuhteet pysyvät samanlaisina kuin alkuperäisessä mallissa. Muuttamalla parametreja saatiin uusi geometria erikokoiselle ikkunalle vain muutamassa sekunnissa. Jos ikkuna olisi hyvin monimutkainen ja sisältäisi runsaasti yksityiskohtia, olisi ajallinen hyöty suurempi, koska tarkkojen yksityiskohtien piirtäminen kestäisi huomattavasti kauemmin.

## 5.2 Tuote X:n uusi tuotantoprosessi

Uuteen tuotantolinjaan kuuluu LPe6F -combikone, sekä sen yhteydessä oleva FMS- järjestelmä Night Train. Koneessa on levytyökeskuksen lisäksi kuitulaser, joka mahdollistaa huomattavasti korkeamman joustavuuden, koska työkalujen vaihto voidaan pitää minimissä.



Kuva 11. Tuote X:n uusi tuotantoprosessi layoutissa.

Kun verrataan tuote X:n uutta tuotantoprosessia vanhaan, huomataan, että useita siirtymiä on poistunut kuvasta. Kuten kuvasta 11 havaitaan, työvaiheita on jäänyt pois kaikkiaan kolme ja paneeli pystytään valmistamaan särmäystä lukuun ottamatta uudella tuotantolinjalla. Aihion esileikkuuta ei enää tarvitse tehdä erikseen laserilla, koska combikooneessa on kuitulaser. Viisteet pystytään tekemään levytyökeskuksen erikoistyökalulla, jolloin poraamalle tehtyä lastuvaatyöstöä ei enää tarvita. Kuitulaser mahdollistaa lisäksi

alkuperäisen suojamuovin pitämisen levyn pinnassa, jolloin vanhan tuotantoprosessin aihionleikkuuseen kuulunut suojamuovien poisto ja päällystäminen jää kokonaan pois. Lisäksi paneeleille ei tarvitse enää tehdä jälkileikkuuta, koska aihio valmistetaan samassa koneessa, kuin reiät. Työvaiheiden vähentymisen myötä paneelien kuljettaminen ja siirtely vähenee ja tuotteiden läpivientiaika nopeutuu vain murto-osaan entisestä.

Uusi tuotantoprosessi vaikuttaa myös reklamaatioihin, sillä valtaosa muu- reklamaatiosta ovat johtuneet vauriosta pellin pinnassa, joita syntyy kun työvaiheita on useita ja siirtelyä tapahtuu paljon. Tuotteita ei tarvitse siirtää enää kuin kaksi kertaa, ensin särmäykseen ja lopulta lähettämöön. Suurin vaikutus nähdään todennäköisesti sisäisissä reklamaatioissa, koska laaduntarkastukseen tulee vähemmän naarmuuntuneita paneeleja.

Uusi tuotantolinja vaikuttaa myös muuhun tuotantoon merkittävästi, koska asetusajat saadaan minimiin ja kone pystyy työskentelemään miehittämättömänä vaikka kokonaisen päivän. Vastaavia tuotteita on useita, joten työvaiheita pystytään vähentämään monissa tuotteissa. Lisäksi ongelmiin kuten tuotteiden valmistuminen sekalaisessa järjestyksessä ei enää ole, koska kone voidaan laittaa valmistamaan tuotteet tilaus kerrallaan. Lisäksi levyjä ei tarvitse enää metsästää, koska uusi FMS tietää, missä mikäkin levy on ja levy saadaan helposti ulos.

### 5.3 Parametrinen ohjelman luominen

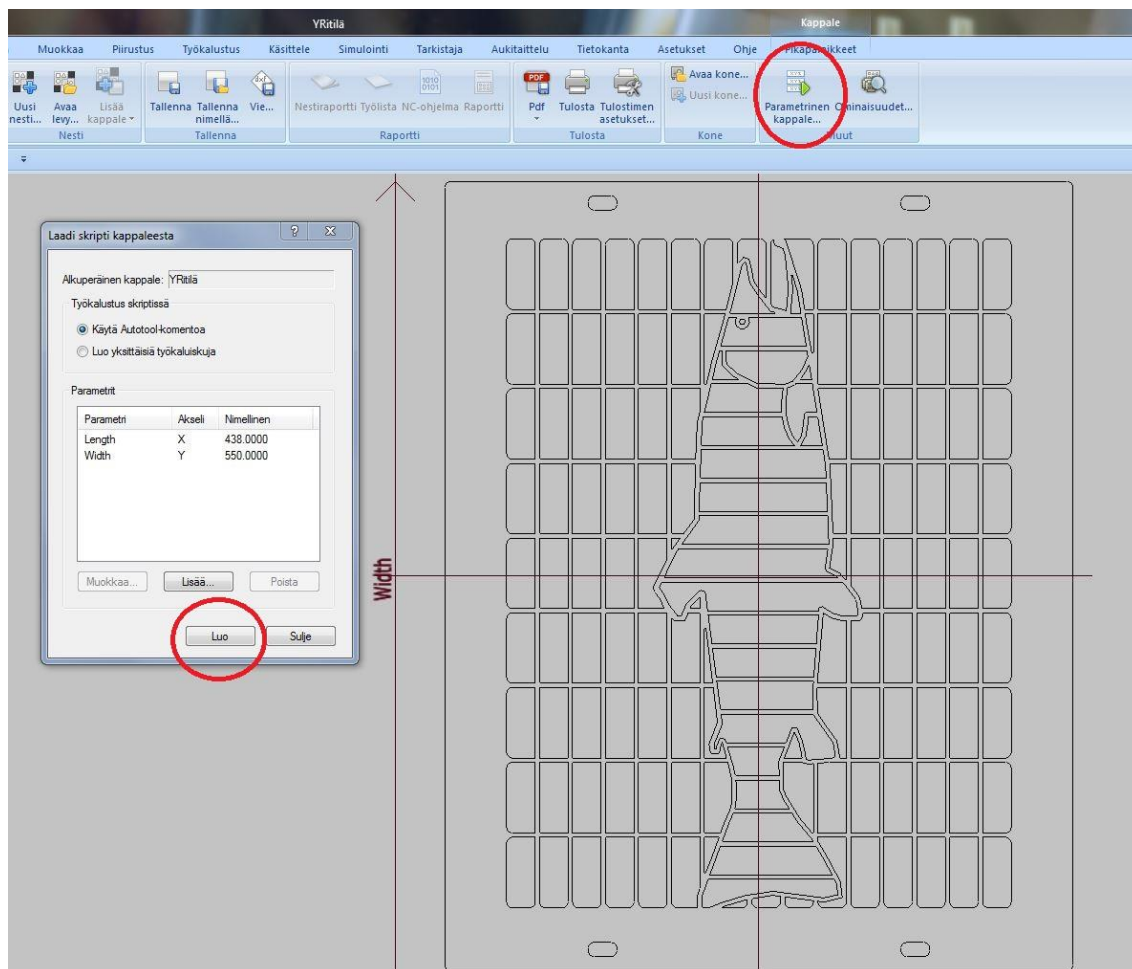
Parametrinen ohjelman tekemisellä tarkoitetaan koneen ohjelmoinnin ja geometrian luomista skriptissä. Parametrinen ohjelma voidaan tehdä DXF- tiedoston geometriaa hyödyksi käyttäen, jolloin geometria avataan NC Express 3 ohjelmalla ja muutetaan edelleen skriptiksi. Se ei kuitenkaan ole välttämättä nopeampaa kuin geometrian käsin kirjoittaminen skriptiin, mutta tavallisen kappaleen ohjelmointiin hyöty on suuri. Varsinkin alihankintateollisuudessa toimivalla valmistavalla yrityksellä tuotteet saadaan huomattavasti nopeammin tuotantoon kun niistä toimitetaan DXF- tiedostot tilauksen mukana, jolloin ohjelmoijan ei tarvitse luoda geometriaa vaan pelkkä työkalustus. Parametrisessa ohjelmoinnissa kappaleen geometrian valmistaminen skriptissä on käytännössä varmempi ja helpompi menetelmä. (Prima Power parametrinen ohjelman koulutus, Helmikuu 2016.)



Kuva 12. Parametrisen ohjelman kulku LPe6f koneelle.

Kuva 12 kuvaa parametrisen ohjelman kulkua skriptin kirjoittamisesta sen lukuun ja muuntamiseen NC-koodiksi. VBScript tehdään joko NC Expressin omalla editorilla tai ulkoisella ohjelmalla kuten notepad++. Kun parametrasta tuotetta valmistetaan, NC Express postprosessoi VBScriptin edelleen NC-koodiksi, jota combikone lukee.

Kuten edellä jo mainittiin, kappaleen geometria voidaan luoda kahdella tapaa, joko piirtämällä DXF- tiedosto tai kirjoittamalla geometria skriptiin. Nopein menetelmä geometrian luomiseen on käyttää DXF- tiedostoa, jos sellainen on jo olemassa, mutta tämä pätee kuitenkin ainoastaan yksinkertaisiin kappaleisiin, kuten suorakulmioihin, joissa on esimerkiksi paljon reikiä sisällä



Kuva 13. Skriptin valmistaminen piirustuksesta.

Kuvasta 13 näkee, kuinka kappale tehdään DXF- tiedoston pohjalta. Skriptin teko aloitetaan avaamalla DXF- tiedosto NC Express 3 ohjelmistolla. Tämän jälkeen painetaan kuvan yläreunassa olevaa Parametrinen kappale-painiketta ja näytölle aukeaa NC Expressin parametrinen ohjelman editori. Tässä kohtaa parametrien nollapisteitä, eli pisteitä joista kappale alkaa kasvamaan tai pienenemään voidaan muokata ja parametrien nimiä voidaan muuttaa. Kun nollapisteet on saatu haluttuihin kohtiin, painetaan Luo-painiketta, jolloin notepadia muistuttava editori aukeaa näytölle. (Katso kuva 4.) Kuvassa 3 näkyvä ritilä on hyvä esimerkki kappaleesta, jota ei missään nimessä kannata tehdä DXF -tiedoston pohjalta. Jos kappaleen parametrejä Length tai Width lähdetäisiin kasvattamaan, kappale venyisi, ja kalan muoto häviäisi ja NC Expressin luoman skriptin korjaamiseen menisi moninkertainen määrä aikaa, kuin kappaleen geometrian tekemiseen manuaalisesti kirjoittamalla.

Kokeneet ohjelmoijat suosivat geometrian luomista skriptiin manuaalisesti kirjoittamalla, koska tällöin kappaleesta ei tarvitse ensiksi piirtää DXF- tiedostoa ja parametristen kohtien määrittäminen on helpompaa. Parametrisilla kohdilla tarkoitetaan kohtia, jotka liikkuvat kappaleen muuttuessa. Alla on esimerkki parametrinen suorakulmion piirtämisestä.

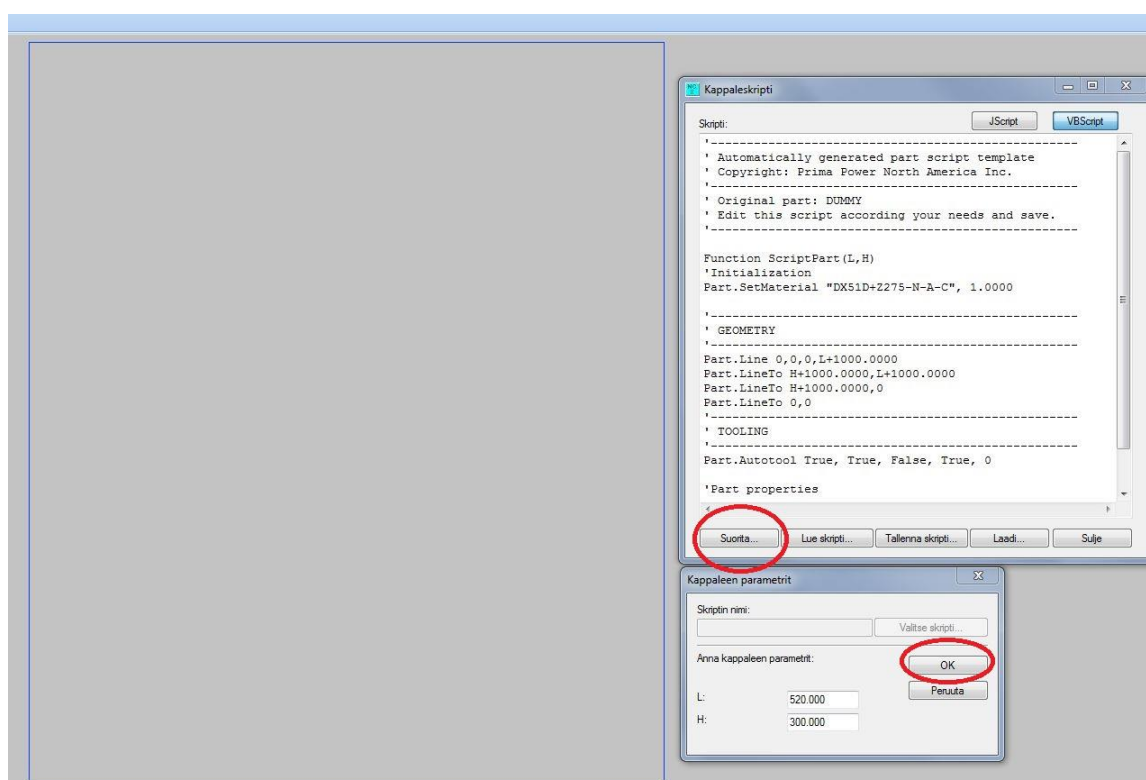
```
Part.Line 0, 0, 0, L+1000.0000
```

```
Part.LineTo H+1000.0000, L+1000.0000
```

```
Part.LineTo H+1000.0000, 0
```

```
Part.LineTo 0, 0
```

Tällä komentosarjalla piirretään yksinkertainen suorakulmio joka lähtee origosta pisteeseen 0, L+1000 (X, Y) ja jatkaa pisteeseen H+1000, L+1000 ja edelleen H+1000, 0 ja lopuksi paluu origoon. Alla olevasta kuvasta 4 näkee kappaleen geometrian.



Kuva 14. Skriptin kirjoittaminen manuaalisesti.

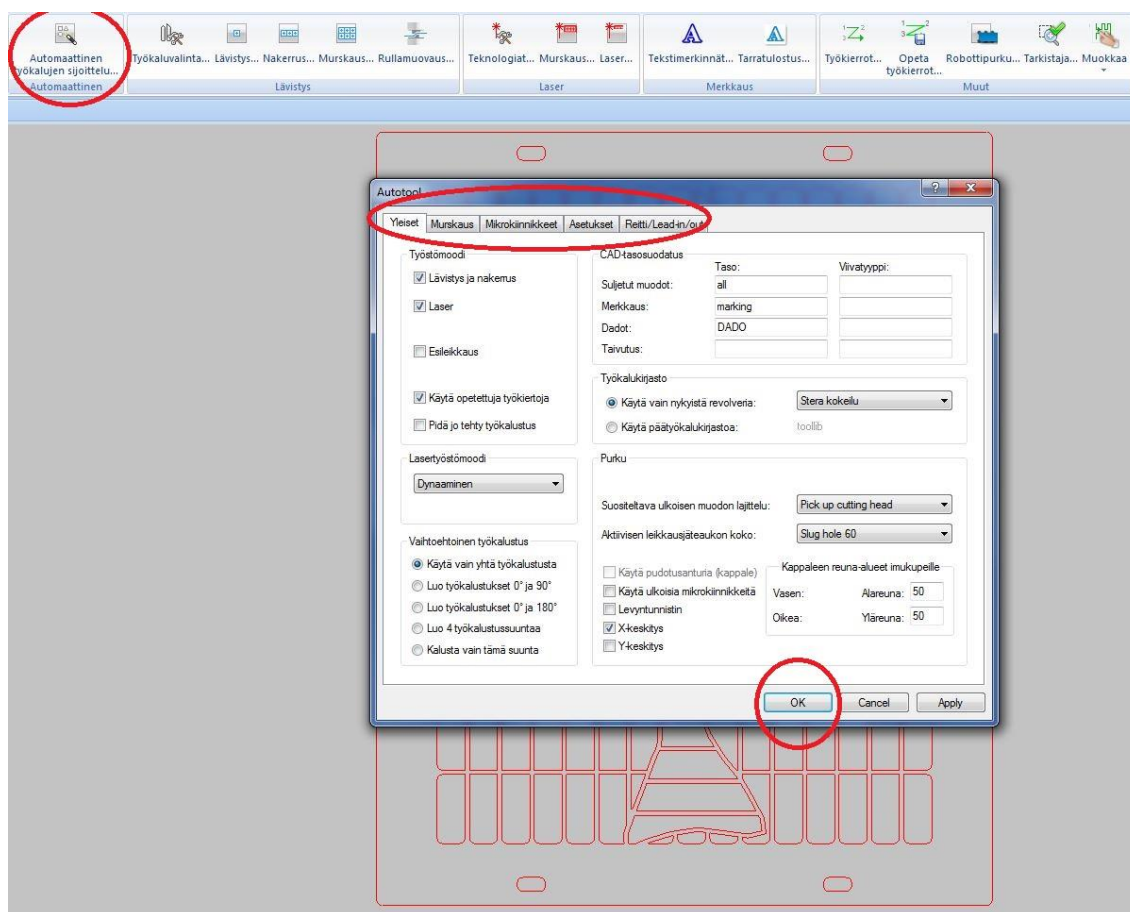
Kuvasta 14 nähdään kuinka skripti voidaan kirjoittaa manuaalisesti NC Expressin editoriin. Kun painetaan editorissa näkyvää suorita-painiketta, aukeaa sen alla oleva Kappaleen parametrit-ikkuna. Tässä kohtaa parametrien arvoja pystytään muokkaamaan ja painamalla OK-painiketta NC Express piirtää kappaleen geometrian. NC Expressissä

oleva editori on erinomainen työkalu, koska skriptiä pystytään testaamaan nopeasti ja vaivattomasti.

Steralla parametrisia ohjelmia on tehty ainoastaan kappaleille, joita tiedetään jatkossakin valmistettavan. Parametriseen ohjelmaan investoitu aika täytyy olla sen arvoista. Liitteet yksi ja kaksi ovat malleja parametrisista ohjelmista.

#### 5.4 Tavallisen kappaleohjelman luominen

Parametrisen ohjelman hyviin puoliin kuuluu kappaleen toistettavuus, mutta kaikkia kappaleita ei välttämättä valmisteta kuin kertaalleen, jolloin kappale kannattaa tehdä manuaalisella ohjelmoinnilla. NC Express 3 ohjelmoitaessa, DXF- tiedosto avataan ja halutut työkaluiskut ja työstötavat määritetään paikoilleen.



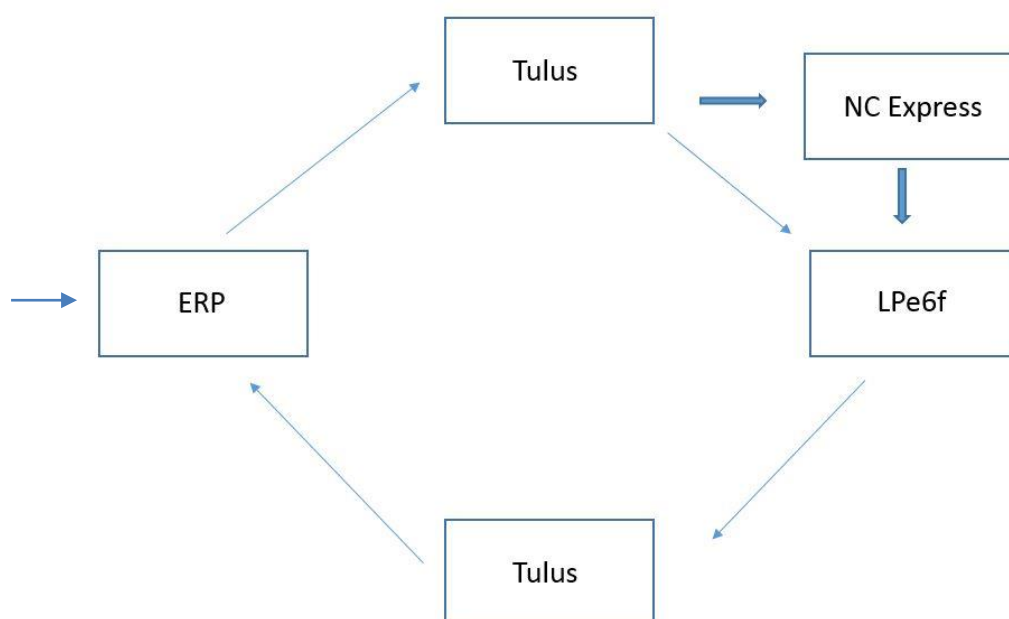
Kuva 15. Tavallisen kappaleohjelman luominen autotoolilla.

Kun käytetään NC Express 3 automaattityöstö ominaisuutta, ohjelmisto asettelee työkaluiskut itse paikoilleen, käyttäen laser- ja lävistystyöstöä. Kappale avataan NC Expressissä, jonka jälkeen painetaan kuvan 15 vasemmassa yläkulmassa olevaa automaattinen työkalujen sijoittelu-painiketta. Aukeaa uusi autotool ikkuna, jossa on yhteensä viisi välilehdellistä asetuksia. Jos ohjelmoija on tyytyväinen määritettyihin asetuksiin, painetaan Ok-painiketta ja autotool valmistaa kappaleohjelman automaattisesti. Kun autotoolin parametrit on säädetty kerran hyvin, voidaan suurin osa kappaleista valmistaa käyttämällä samoja autotool asetuksia ja ohjelmoijan tarvitsee klikata vain Ok-painiketta.

### 5.5 Parametristen kappaleiden tuotannonohjaus LPe6f tuotantolinjalla

Uuden tuotantolinjan mukana toimitetaan lisäksi ohjelmistot NC Express 3 ja Tulus Office. Kuten aiemmin opinnäytetyössä jo kerrottiin, NC Expressillä tehdään LPe6F koneen ohjelmointi. Tulus Office on Prima Powerin oma tuotannonohjausjärjestelmä, jolla voitaisiin käytännössä ohjata kokonaista tehdasta jos kaikki koneet olisivat Prima Powerin toimittamia. Tammelan tehtaalla Tulus Officea käytetään kuitenkin tällä hetkellä ainoastaan uuden tuotantolinjan tuotannonohjaukseen. Tuotantoa ei kuitenkaan pystytä ohjaamaan Tuluksella jos Tulus ja Steran ERP (Enterprise resource planning) eivät ole vuorovaikutuksessa keskenään, koska tilauksien täytyy kulkeutua Tulukseen ERP:stä.

Kuten kuvioista 12 käy ilmi, tilauksen kulku on uudessa järjestelmässä melko mutkatonta. Kyseinen toimintamalli mahdollistaa paperittoman tuotannon, koska tilaus siirtyy tuotannonohjaukselle ja operaattorille sähköisesti.



Kuva 16. Tilauksen elinkaari LPe6f tuotantolinjan tuotannonohjauksessa.

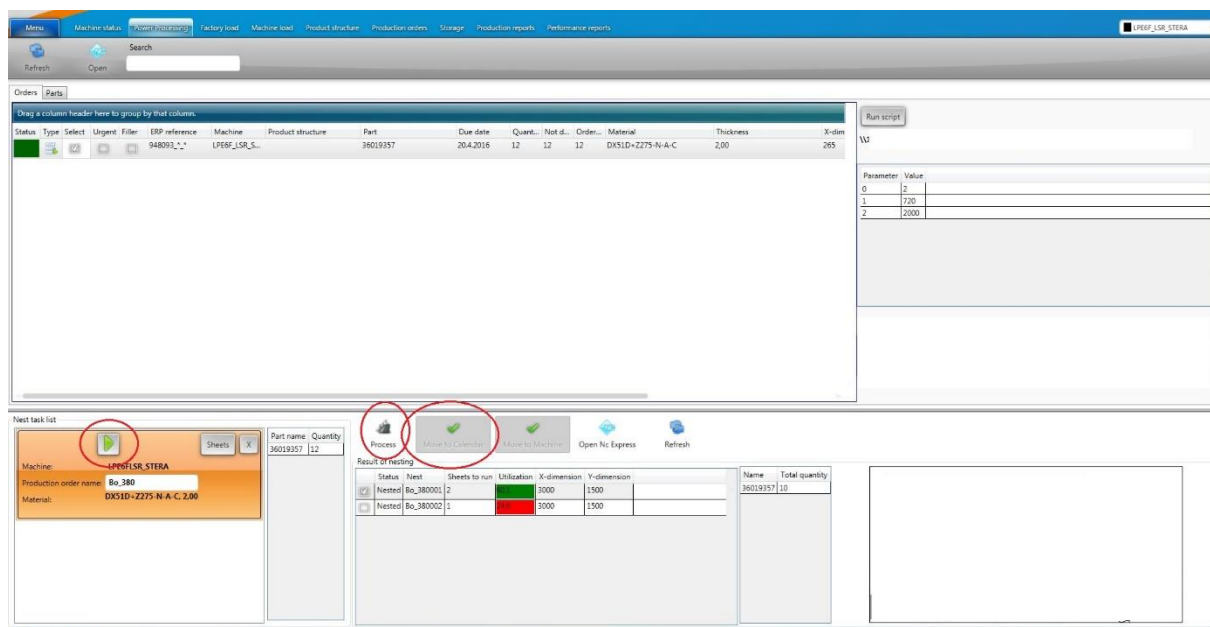
Kuvio 16 kuvaa tilauksen elinkaarta uudelle tuotantolinjalle. Kun valmistustilaus lisätään Steran ERP-toiminnanohjausjärjestelmään, tieto tilauksesta välittyy myös Tulus Officeen, jota ohjelmointi ja tuotannonohjaus käyttää.

Menu						
Machine status Power Processing Factory load Machine load Product structure Production orders Storage Production reports Performance reports						
Add ERP order Delete Start production order Refresh Search Include delivered						
Drag a column header here to group by that column.						
ERP reference	Product structure	Ordered quantity	Due date	Comments	Status	Has failed items
948097_**	36019353	12	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948101_**	36019349	12	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948110_**	36019340	12	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948129_**	36016665	6	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948133_**	36016657	6	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948135_**	36016652	6	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948137_**	36016647	6	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948138_**	36014498	1	19.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948139_**	36014495	1	19.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948144_**	36014417	4	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948151_**	36014410	4	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948156_**	36014405	4	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948162_**	36014399	4	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>
948173_**	36012691	5	20.4.2016	Read at 15:26	Created	<input type="checkbox"/>

Kuva 17. Tuotantotilaukset-näkymä tuotannonohjaukselle.

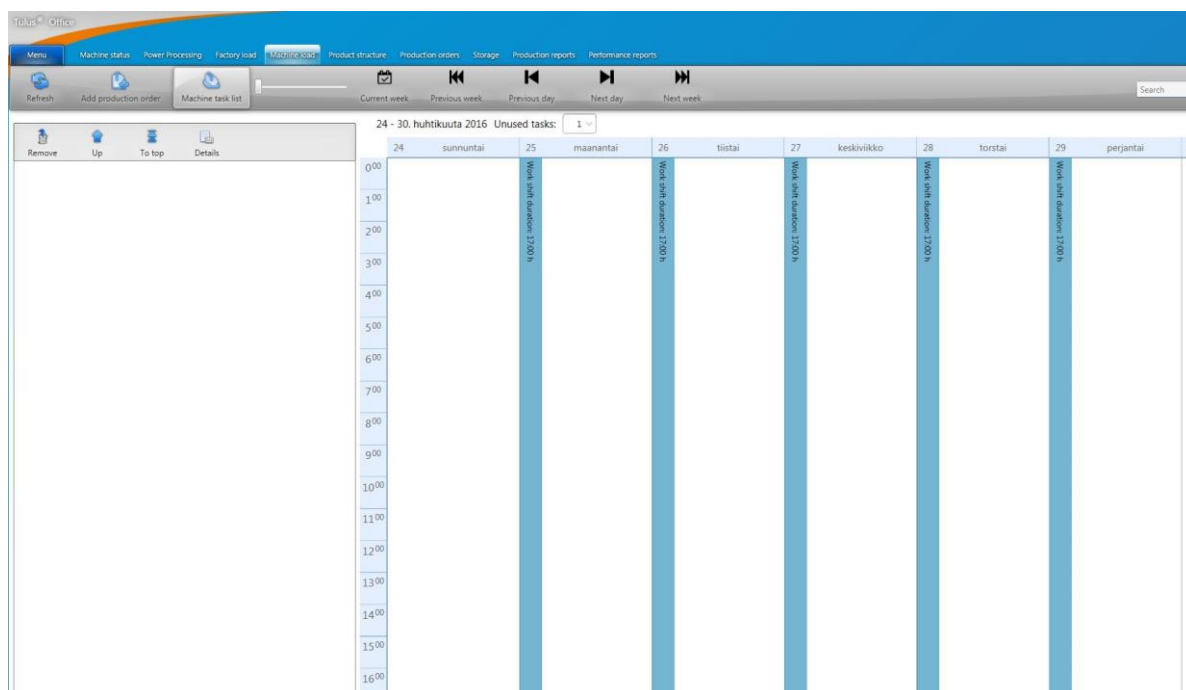


Kuvio 17 esittää tuotantotilaukset-näkymää Tulus Officessa. Tuotannonohjaaja valitsee haluamansa tilaukset ja lisää ne edelleen power processingin painamalla vihreätä start production order-painiketta. Tässä kohtaa tilauksia pystytään lisäämään myöskin manuaalisesti ERP:stä valmistetilausnumerolla.



Kuva 18. Power Processing-näkymä Tulus Officessa.

Seuraavaksi tehdään tilausten nestaus. Kaikki halutut tilaukset valitaan, jonka jälkeen painetaan kuvio 18 vasemmassa alakulmassa olevaa process-painiketta, jolloin Tulus Office ajaa nestin ja skriptin NC Expressissä taustalla, käyttäen tilauksessa annettuja parametreja. Näin ohjelmoijan ei tarvitse luoda uusia kappaleita, koska ohjelmisto hyödynittää parametrisia ohjelmia ja jäljelle jää vain nestin prosessointi ja mahdollinen optimointi. Kun tuotantotilaus on käsitelty, se siirretään vihreällä move to calendar-painikkeella tuotantokalenteriin. Kuvion oikeassa alakulmassa oleva valkoinen laatikko on nestin esikatselu. Siitä käyttäjä pystyy tarkistamaan nestin pintapuolisesti. Sen yläpuolelta löytyy tilauksessa käytetyt parametrit valitulle tuotteelle.



Kuva 19. Tuotantokalenteri Tulus Officessa.

Kun tilaukset on prosessoitu ja nestattu, tilaus siirretään edelleen kuvio 19 mukaiseen tuotantokalenteriin, joka välittyy LPe6F koneen operaattorille. Operaattori valmistaa tilauksia kalenterin mukaisesti ja pitää samalla huolen, että koneen käyttöaste pysyy mahdollisimman korkealla. Kalenteri on erinomainen työkalu tuotannonohjaajalle, sillä Tulus Office laskee työstöajat noin 90% tarkkuudella. Näin tuotannonohjaaja pystyy suunnittelemaan vaikka kahden viikon tuotannon hyvällä tarkkuudella. Lisäksi Tuluksesta on mahdollista lukea erilaisia raportteja, kuten kustannusraportteja tai koneen käytösuhderaportteja.

Kun tilaukset ovat jo tuotannossa, valmiiden tuotteiden määrää pystytään seuraamaan reaaliajassa Tulus Officella. Tästä on erityisesti hyötyä silloin, kun tuotteilla on kiire ja niiden perään kysellään, jolloin tuotannonohjaaja pystyy nopeasti tarkistamaan, koska tuotteet ovat arviolta valmiita. Kun tilaus on valmis, tieto kulkeutuu takaisin Tuluksen kautta Steran ERP:hen, jossa valmistustilaus kuitataan tehdyksi ja tuote on valmis lähetettäväksi tai seuraavaan työvaiheeseen.

## 6 YHTEENVETO

Tämän insinööritoiminnan tavoitteena oli tehostaa Stera Technologies Oy:n Tammelan tehtaassa tuotantoa valmistamalla parametrisia ohjelmia uudelle combikone tuotantolinjalle. Parametrinen ohjelmien avulla pyrittiin automatisoimaan tuotantoa mahdollisimman pitkälle aina tilauksen vastaanottamisesta valmiiseen tuotteeseen.

Työn toimeksiannon aihealue ja käytettävät ohjelmistot olivat kirjoittajalle täysin uusia ja tarvittavan tietotaidon ja osaamisen kartuttamiseen kului useita satoja tunteja. Aikaa kului eritoten koulutuksissa ja tekemällä oppimisessa. Työssä tuli vastaan lukuisia kompastuksia ja teknillisiä haasteita, joista jokainen saatiin ratkaistua. Insinööritoiminnan loppusuoralla aikaa kului erityisesti tuotannonohjauksen ja parametrinen ohjelmien yhteensovittamisessa.

Työtä varten tutustuttiin perusteellisesti tuote X:n tuotantoprosessiin, jotta vanhaa ja uutta tuotantoprosessia pystyttiin mittaamaan ja vertaamaan. Lisäksi työssä tutustuttiin tuotantotalouden perusperiaatteisiin ja menetelmiin hankkimalla tietoa alan kirjallisuudesta ja artikkeleista.

Työhön valmistautuminen aloitettiin jo syksyllä 2015 viikon kestäväällä koulutuksella Prima Powerin Technology and Training centerillä Kauhavalla. Työ saatiin päätökseen keväällä 2016 samoihin aikoihin kun uusi tuotantolinja otettiin käyttöön ja parametrinen kappaleiden valmistusta pystyttiin testaamaan.

Olen erittäin kiitollinen toimeksiantajalleni Stera Technologies Oy:lle insinööritoiminnan mahdollistamisesta ja vastuun antamisesta. Uuden tuotantolinjan käyttöönotto ja yhteistyö Steran ja Prima Powerin työntekijöiden kanssa on ollut erittäin antoisa ja ammattitaitoa kasvattava kokemus. Toimeksiantaja Stera Technologies Oy on tyytyväinen työssä saatuihin tuloksiin ja parametrisiin ohjelmiin ja aikoo jatkossakin käyttää opinnäytetyössään valmistettuja parametrisia ohjelmia.

## LÄHTEET

Alibaba, Halil Zafer, Arfaei, Aref & Loftabadi, Pooya. 2016. Sustainability; as a combination of parametric patterns and bionic strategies.

<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S1364032115015932>>

Camba, Jorge D, Company, Pedro & Contero, Manuel. 2016. Parametric CAD modeling: An analysis of strategies for design reusability.

<<http://www.sciencedirect.com.ezproxy.turkuamk.fi/science/article/pii/S0010448516000051>>

Carreira, Bill. 2004. Lean Manufacturing That Works. New York: AMACOM Books

Leimbach, Wendell & Farrel, John. 2009. The Seven Deadly Wastes (WWW-dokumentti.) Plant Services.

<<http://www.plantservices.com/articles/2006/168/?page=1>> Luettu 18.1.2016

Haverila, Matti J, Uusi-Rauva Erkki, Kouri, Ilkka & Miettinen, Asko. 2005. Teollisuustalous. Tampere: Infacs Oy.

Laine, Pertti. 1980. Tuotannon tunnusluvut. Suomen metalliteollisuuden keskusliitto. Hanko: Hangon Kirjapaino Oy

Modig, Niglas & Åhlström, Pär. 2013. Tätä on Lean. Halmstad: Rheologica Publishing.

Stera Technologies Oy Intranet. 2016

Stera Technologies Oy ERP. 2016

Waste of Overprocessing; causes, symptoms, examples and solutions. 2016. (WWW-dokumentti.) Lean Manufacturing Tools.

<<http://leanmanufacturingtools.org/121/waste-of-overprocessing-causes-symptoms-examples-and-solutions/>> Luettu 19.1.2016

Waste of Defects; causes, symptoms, examples and solutions. 2016. (WWW-dokumentti.) Lean Manufacturing Tools.

< <http://leanmanufacturingtools.org/129/waste-of-defects-causes-symptoms-examples-and-solutions/>> Luettu 19.1.2016

Waste of Motion; Causes, symptoms, solutions, examples. 2016. (WWW-dokumentti.) Lean Manufacturing Tools.

< <http://leanmanufacturingtools.org/96/the-waste-of-motion-causes-symptoms-solutions/>> Luettu 20.1.2016

Wild, Ray. 1995. Production and Operations Management. Oxford: Bath Press.

## Parametrinen ohjelma 1

```

Function ScriCC1Part(KAT, LA, L, LB, CUT)
Xdim=L+LA+5
Ydim=LB+231
CC7li=LA/2-45
'InitialiCC3tion
Part.SetMaterial "X5CrNi18-10", 1.5000
'Ulkomuoto
Part.Line 0, 0, 0, LB+94
Part.LineTo 5, LB+94
Part.LineTo 5, Ydim
Part.LineTo L+20, Ydim
Part.LineTo L+20, Ydim-60
Part.LineTo L+8, Ydim-60
Part.LineTo L+8, Ydim-75
Part.LineTo L+20, Ydim-75
Part.LineTo L+20, Ydim-80
Part.LineTo L+11, Ydim-80
Part.ArcTo L+11, Ydim-83.5, L+11, Ydim-87, False
Part.LineTo L+20, Ydim-87
Part.LineTo L+20, Ydim-156
Part.LineTo Xdim, Ydim-156
Part.LineTo Xdim, 23
Part.LineTo L+20, 23
Part.LineTo L+20, 0
Part.LineTo 0,0
'D3.3 Reiät
CC5ko=450
Rivi=0
  While Rivi<=4*CC5ko
    Part.Circle 155+Rivi, 7, 1.65
    Rivi=Rivi+CC5ko
  Wend
Part.Circle L-50, 7, 1.65
Part.Circle L-30, 7, 1.65
'D5 Reiät
Part.Circle 20, 36, 2.5
Part.Circle 70, 36, 2.5
Part.Circle 20, Ydim-6.5, 2.5
Part.Circle 70, Ydim-6.5, 2.5
CC5ko=450
Rivi=0
  While Rivi<=4*CC5ko
    Part.Circle 155+Rivi, Ydim-6.5, 2.5
    Rivi=Rivi+CC5ko
  Wend
Part.Circle L+50, 37, 2.5

```

'Tästä alkaa ulkomuodon teko

```

Part.Circle L+50+CC7li, 37, 2.5
Part.Circle L+50+2*CC7li, 37, 2.5
Part.Circle L+50+CC7li/2, Ydim-170, 2.5
Part.Circle L+50+CC7li+(CC7li/2), Ydim-170, 2.5
'D13 Reiät
Part.Circle L+50, Ydim-170, 6.5
Part.Circle L+50+CC7li, Ydim-170, 6.5
Part.Circle L+50+2*CC7li, Ydim-170, 6.5
'Peilaus
If KAT=1 Then
  Part.MirrorY Ydim/2, True
End If
'CUT
select case CUT
  Case "C1 P1"
    CUT=1
    CC1=1
  Case "C2 P2"
    CUT=2
    CC1=2
  Case "C3 P1"
    CUT=3
    CC1=3
  Case "C4 P2"
    CUT=4
    CC1=4
  Case "C5 P1"
    CUT=5
    CC1=5
  Case "C6 P2"
    CUT=6
    CC1=6
  Case "C7 P1"
    CUT=7
    CC1=7
  Case "C8 P2"
    CUT=8
    CC1=8
  Case "C9 P1"
    CUT=9
    CC1=9
  Case "C10 P2"
    CUT=10
    CC1=10
  Case "C11 P1"
    CUT=11
    CC1=11
  Case "C12 P2"
    CUT=12
    CC1=12
  Case "C1"
    CUT=13
  Case "C2"

```

```

    CUT=14
Case "C3"
    CUT=15
Case "C4"
    CUT=16
Case "C5"
    CUT=17
Case "C6"
    CUT=18
Case "P1"
    CC1=13
Case "P2"
    CC1=14
Case "C7"
    CUT=19
Case "C8"
    CUT=20
Case "C9"
    CUT=21
Case "C10"
    CUT=22
Case "C11"
    CUT=23
Case "C12"
    CUT=24
end select
If CUT=1 And CC1=1 And KAT=2 Then
    CreateCC2 1100, Ydim-232
    CreateCC1 1750, Ydim-232
Elseif CUT=2 And CC1=2 And KAT=1 Then
    CreateCC2 1100, 232
    CreateCC1 1750, 232
Elseif CUT=3 And CC1=3 And KAT=2 Then
    CreateCC5 1050, Ydim-232
    CreateCC1 1750, Ydim-232
Elseif CUT=4 And CC1=4 And KAT=1 Then
    CreateCC5 1050, 232
    CreateCC1 1750, 232
Elseif CUT=5 And CC1=5 And KAT=2 Then
    CreateCC6 1050, Ydim-242
    CreateCC1 1750, Ydim-232
Elseif CUT=6 And CC1=6 And KAT=1 Then
    CreateCC6 1050, 242
    CreateCC1 1750, 232
Elseif CUT=7 And CC1=7 And KAT=2 Then
    If LA<200 Then
        CreateCC7 1100, Ydim-237
        CreateCC1 1750, Ydim-232
    Elseif LA>=200 Then
        CreateCC7 1100, Ydim-252
        CreateCC1 1750, Ydim-232
    End If
Elseif CUT=8 And CC1=8 And KAT=1 Then

```

```

If LA<200 Then
  CreateCC7 1100, 237
  CreateCC1 1750, 232
Elseif LA>=200 Then
  CreateCC7 1100, 252
  CreateCC1 1750, 232
End If
Elseif CUT=9 And CC1=9 And KAT=2 Then
  CreateCC3 1000, Ydim-232
  CreateCC1 1750, Ydim-232
Elseif CUT=10 And CC1=10 And KAT=1 Then
  CreateCC3 1000, 232
  CreateCC1 1750, 232
Elseif CUT=11 And CC1=11 And KAT=2 Then
  CreateCC4 1000, Ydim-232
  CreateCC1 1750, Ydim-232
Elseif CUT=12 And CC1=12 And KAT=1 Then
  CreateCC4 1000, 232
  CreateCC1 1750, 232
Elseif CUT=13 And KAT=2 Then
  CreateCC2 1100, Ydim-232
Elseif CUT=14 And KAT=1 Then
  CreateCC2 1100, 232
Elseif CUT=15 And KAT=2 Then
  CreateCC5 1050, Ydim-232
Elseif CUT=16 And KAT=1 Then
  CreateCC5 1050, 232
Elseif CUT=17 And KAT=2 Then
  CreateCC6 1050, Ydim-242
Elseif CUT=18 And KAT=1 Then
  CreateCC6 1050, 242
Elseif CUT=19 And KAT=2 Then
  If LA<200 Then
    CreateCC7 1100, Ydim-237
  Elseif LA>=200 Then
    CreateCC7 1100, Ydim-252
  End If
Elseif CUT=20 And KAT=1 Then
  If LA<200 Then
    CreateCC7 1100, 237
  Elseif LA>=200 Then
    CreateCC7 1100, 252
  End If
Elseif CUT=21 And KAT=2 Then
  CreateCC3 1000, Ydim-232
Elseif CUT=22 And KAT=1 Then
  CreateCC3 1000, 232
Elseif CUT=23 And KAT=2 Then
  CreateCC4 1000, Ydim-232
Elseif CUT=24 And KAT=1 Then
  CreateCC4 1000, 232
Elseif CC1=13 And KAT=2 Then
  CreateCC1 1750, Ydim-232

```



```
Elself CC1=14 And KAT=1 Then  
    CreateCC1 1750, 232  
End If
```

```
'-----  
' TOOLING  
'-----
```

```
Part.Autotool True, True, False, True, 0  
'Part properties  
Part.Grain = 3  
End Function  
Sub Include(sNameScriCC1)  
    Dim oFS, oFile  
    Set oFS=CreateObCC6ct("ScriCC1ing.FileSystemObCC6ct")  
    Set oFile=oFS.OpeCC1extFile(sNameScriCC1)  
    ExecuteGlobal oFile.ReadAll()  
    oFile.Close
```

## Parametrinen ohjelma 2

```

Function ScriptPart(KAT,L,H,Tuli)
Xdim=H+166
Ydim=L/4+156
PAATY=(L-156)*4
'Initialization
Part.SetMaterial "DC01+ZE25/25-APC", 1.0000
If L>= 3000 and L<= 3050 Then
LKM=3000
Elseif L>= 2901 and L<= 2999 Then
LKM=2900
Elseif L>= 2800 and L<=2900 Then
LKM=2800
Elseif L>= 2701 and L<= 2799 Then
LKM=2700
Elseif L>= 2600 and L<= 2700 Then
LKM=2600
Elseif L>= 2501 and L<= 2599 Then
LKM=2500
Elseif L>= 2400 and L<=2500 Then
LKM=2400
Elseif L>= 2301 and L<= 2399 Then
LKM=2300
Elseif L>= 2200 and L<= 2300 Then
LKM=2200
Elseif L>= 2101 and L<= 2199 Then
LKM=2100
Elseif L>= 2000 and L<= 2100 Then
LKM=2000
Elseif L>= 1901 and L<= 1999 Then
LKM=1900
Elseif L>= 1800 and L<= 1900 Then
LKM=1800
Elseif L>=1701 and L<=1799 Then
LKM=1700
Elseif L>=1600 and L<=1700 Then
LKM=1600
Elseif L>= 1501 and L<= 1599 Then
LKM=1500
Elseif L>=1200 and L<=1500 Then
LKM=1400
End If
If L>=1200 and L<=1399 Then
TR=177
Elseif L>= 1400 and L<= 1599 Then
TR=227
Elseif L>= 1600 and L<= 1799 Then
TR=277
Elseif L>= 1800 and L<=1999 Then

```

```

TR= 327
Elseif L>= 2000 and L<= 2199 Then
TR=377
Elseif L>= 2200 and L<= 2399 Then
TR=427
Elseif L>= 2400 and L<=2599 Then
TR=477
Elseif L>= 2600 and L<= 2799 Then
TR=527
Elseif L>= 2800 and L<= 2999 Then
TR=577
Elseif L>=3000 Then
TR=627
End If
'MsgBox "TR=" & TR
'-----
' GEOMETRY
'-----
Part.Line 0,74,0,Ydim-74
Part.LineTo 87,Ydim-74
Part.LineTo 87, Ydim-53
Part.LineTo 87+32,Ydim-53
Part.LineTo 87+32,Ydim-37
Part.LineTo 87+55,Ydim-37
Part.LineTo 87+55,Ydim
Part.LineTo Xdim-123,Ydim
Part.LineTo Xdim-123,Ydim-11
Part.LineTo Xdim-63,Ydim-11
Part.LineTo Xdim-63,Ydim-11-63
Part.LineTo Xdim,Ydim-74
Part.LineTo Xdim,74
Part.LineTo Xdim-63,74
Part.LineTo Xdim-63,11
Part.LineTo Xdim-123,11
Part.LineTo Xdim-123,0
Part.LineTo 87+55,0
Part.LineTo 87+55,37
Part.LineTo 87,37
Part.LineTo 87,74
Part.LineTo 0,74
'reiät
R=25
OV=0
  TRhile OV <= Ydim-148
    CreateOB2_5X20 66.75,74+12+OV
OV=OV+R
  TRend
CreateOB20X2_5 87+12,71.25
CreateOB20X2_5 87+12+25,71.25
CreateOB20X2_5 87+12,Ydim-71.25
CreateOB20X2_5 87+12+25,Ydim-71.25
'HX
Paikka= (TR-140)/2

```

```

CreateHX91 50,74+63
CreateHX91 50,74+63+70
CreateHX91 50,74+63+TR
CreateHX91 50,74+63+TR-70
CreateHX91 50,74+63+70+Paikka
'5x30 suorakulmiot
Part.Line 145.5000, Ydim - 58.5000, 175.5000, Ydim - 58.5000
Part.LineTo 175.5000, Ydim - 53.5000
Part.LineTo 145.5000, Ydim - 53.5000
Part.LineTo 145.5000, Ydim - 58.5000
Part.Line (H/2+97)-15,Ydim-58.500,(H/2+97)+15,Ydim-58.5000
Part.LineTo (H/2+97)+15,Ydim-53.500
Part.LineTo (H/2+97)-15,Ydim-53.5000
Part.LineTo (H/2+97)-15,Ydim-58.500
Part.Line (H+33.5)-15,Ydim-58.5000, (H+33.5)+15,Ydim-58.5000
Part.LineTo (H+33.5)+15,Ydim-53.5000
Part.LineTo (H+33.5)-15,Ydim-53.5000
Part.LineTo (H+33.5)-15,Ydim-58.5000
'Ala ja yläreunan D2.5 Tuli
Select Case Tuli
  Case "S"
    Tuli=1
  End Select
If Tuli = 1 Then
Vali=(H/3-70)
Kolo=0
  TRhile Kolo<=Vali*3
    Part.Circle 197.5+Kolo,Ydim-4.8,1.25
    Part.Circle 197.5+Kolo,4.8,1.25
    Kolo=Kolo+Vali
  TRend
End If
'yläreunan d3.3
Vali=300
Kolo=0
TRhile Kolo<= Xdim-110-133-10
Part.Circle 133+Kolo,Ydim-54,1.65
Kolo=Kolo+Vali
TRend
Part.Circle Xdim-110,Ydim-54,1.65
'keskiosan d3.3 6kpl
Part.Circle ((2/3)*H)-39,Ydim-23,1.65
Part.Circle ((2/3)*H)-39,Ydim-13.5,1.65
Part.Circle ((2/3)*H)-39,Ydim-13.5-32.5,1.65
Part.Circle ((2/3)*H)+6,Ydim-23,1.65
Part.Circle ((2/3)*H)+104,Ydim-13.5,1.65
Part.Circle ((2/3)*H)+104,Ydim-13.5-32.5,1.65
'Alareunan DOUBLE D3.3
Vali=((H-132)/7)
Kolo=0
TRhile Kolo<= Vali*7
Part.Circle 158+Kolo,32,1.65
Part.Circle 158+Kolo,32-20,1.65

```

```

Kolo=Kolo+Vali
TRend
'Oikean päädyn yksittäiset
Part.Circle Xdim-63-11.5,Ydim-19,2.1
Part.Circle Xdim-63-11.5,19,2.1
Part.Circle Xdim-15,Ydim-11-63-15,2.5
Part.Circle Xdim-45,Ydim-11-63-15,1.65
Part.Circle Xdim-15,11+63+15,2.5
Part.Circle Xdim-45,11+63+15,1.65
CreateOB9X30 Xdim-45,133
CreateOB9X30 Xdim-45,133+(LKM/4-140)
Part.Line Xdim-45,264+10,Xdim-45+8,264+10
Part.LineTo Xdim-45+8,264-10
Part.LineTo Xdim-45-8,264-10
Part.LineTo Xdim-45-8,264+10
Part.LineTo Xdim-45,264+10
'-----
' TOOLING
'-----
Part.Autotool True, True, False, True, 0
Part.PrintLabel 1, 200, 50, 90, "(<OR-
DER_NAME>)(<PART_NAME>)(<PART_NAME>)"
'Part properties
Part.Grain = 3
End Function
Sub Include(sNameScript)
    Dim oFS, oFile
    Set oFS=CreateObject("Scripting.FileSystemObject")
    Set oFile=oFS.OpenTextFile(sNameScript)
    ExecuteGlobal oFile.ReadAll()
    oFile.Close
End Sub

```